

# **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS CONSTRUIDOS DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO.**

**Claudia Alejandra Pilar** (UNNE) - claudiapilar2014@gmail.com

**LUIS HORACIO VERA** (UNNE) - luis.horacio.vera@comunidad.unne.edu.ar

## **Resumo:**

*En la ciudad de Resistencia, provincia de Chaco, ubicada en la Región Nordeste Argentina (NEA), los barrios construidos por el estado de viviendas sociales representan un alto porcentaje del sector residencial. Estas operatorias se realizaron priorizando la cantidad de soluciones por sobre la calidad constructiva de las mismas, dando por resultado un comportamiento térmico inadecuado que obliga a los usuarios a un excesivo gasto energético para lograr mínimas condiciones de confort.*

*Dado que a nivel nacional se ha promulgado la Ley de Generación Distribuida y que la Provincia del Chaco ha adherido a la misma, el presente artículo analiza la factibilidad de incorporar sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) en barrios construidos como mecanismo de generación de energía limpia, para reducir el consumo energético de fuentes convencionales, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) e incrementar la conciencia ambiental de los usuarios.*

*La metodología aplicada es la selección de un barrio construido como caso de estudio. Se analiza su resolución tecnológica - constructiva caracterizando la envolvente a partir de las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) y se compara su consumo energético actual en relación al de diez años atrás. Se propone un SFCR de 2,1 kwp, realizando un análisis técnico, económico y simulando la generación, que arroja como resultado una cobertura de dos tercios de la generación solar sobre el consumo.*

*Para conocer la opinión de los posibles usuarios sobre la incorporación de SFCR se realiza una encuesta sobre la percepción de cuestiones ambientales, estéticas y aspectos operativos que consideran importantes para una implementación exitosa.*

*Los principales resultados son que existe factibilidad técnica, normativa y predisposición de los usuarios, pero serias dificultades para su viabilidad económica a menos de que se propongan líneas de crédito asequibles.*

**Palavras-chave:** *energía solar, arquitectura, usuario-generador*

**Área temática:** *Arquitectura e Energía Solar*

**Subárea temática:** *Energía solar asociado ao conforto térmico de ambiente construído*

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS CONSTRUIDOS DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO

**Claudia Pilar** – claudiapilar2014@gmail.com

Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ingeniería y Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

**Luis Vera** – lh\_vera@yahoo.com.ar

Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.

**Resumen.** *En la ciudad de Resistencia, provincia de Chaco, ubicada en la Región Nordeste Argentina (NEA), los barrios construidos por el estado de viviendas sociales representan un alto porcentaje del sector residencial. Estas operatorias se realizaron priorizando la cantidad de soluciones por sobre la calidad constructiva de las mismas, dando por resultado un comportamiento térmico inadecuado que obliga a los usuarios a un excesivo gasto energético para lograr mínimas condiciones de confort. Dado que a nivel nacional se ha promulgado la Ley de Generación Distribuida y que la Provincia del Chaco ha adherido a la misma, el presente artículo analiza la factibilidad de incorporar sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) en barrios construidos como mecanismo de generación de energía limpia, para reducir el consumo energético de fuentes convencionales, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) e incrementar la conciencia ambiental de los usuarios. La metodología aplicada es la selección de un barrio construido como caso de estudio. Se analiza su resolución tecnológica - constructiva caracterizando la envolvente a partir de las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) y se compara su consumo energético actual en relación al de diez años atrás. Se propone un SFCR de 2,1 kw, realizando un análisis técnico, económico y simulando la generación, que arroja como resultado una cobertura de dos tercios de la generación solar sobre el consumo. Para conocer la opinión de los posibles usuarios sobre la incorporación de SFCR se realiza una encuesta sobre la percepción de cuestiones ambientales, estéticas y aspectos operativos que consideran importantes para una implementación exitosa. Los principales resultados son que existe factibilidad técnica, normativa y predisposición de los usuarios, pero serias dificultades para su viabilidad económica a menos de que se propongan líneas de crédito asequibles.*

**Palabras-clave:** *Energía Solar, Arquitectura, Usuario-Generador.*

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la toma de conciencia de los efectos ambientales negativos del excesivo consumo de energía, preponderantemente de origen fósil, precipitó la necesidad de cambiar el paradigma hacia una matriz diversificada, con participación creciente de las energías renovables.

Los efectos ambiental son tan drásticos que algunos autores consideran que ya no es factible hablar de “crisis” climática sino de un “Nuevo Régimen Climático” como “mutación” ambiental y que nos encontramos transitando una nueva era geológica definida como “Antropoceno” (Latour, 2017).

Frente a estas preocupaciones, las acciones de diversos actores políticos, científicos, económicos, empresariales y hasta religiosos apoyan el desarrollo de las energías renovables, que actualmente ocupan un lugar importante en la matriz energética mundial, aportando aproximadamente una quinta parte de la misma, con una contribución que se estima en el 18,2% del consumo total mundial (REN21, 2018).

Una de las facetas de la insustentabilidad ambiental de la construcción del hábitat es el alto consumo energético. El sector residencial a nivel nacional consume el 42% de la electricidad de la Argentina (CAMMESA, 2018) y en la provincia del Chaco éste valor asciende casi al 70%.

En la ciudad de Resistencia, capital de la citada provincia, la expansión urbana se dio principalmente a partir de la construcción de barrios de vivienda de producción estatal para sectores de limitados recursos. Por ello se considera oportuno el análisis de la factibilidad de instalación de SFCR en esta tipología arquitectónica, que actualmente representa aproximadamente una cuarta parte del parque habitacional construido, con el objetivo de reducir el consumo energético, generar un ahorro en las tarifas de sus ocupantes y propiciar un cambio en el ciudadano, que pasa de ser consumidor pasivo, para asumir un rol bidireccional activo en la cuestión energética.

En el paradigma de la Generación Distribuida (GD) el usuario pasa a ser también un generador de energía. Esto lo posiciona en el rol de *prosumidor* (Toffler, 1980). Dado que la política de construcción del hábitat de interés social ha sido preponderantemente la de “llave en mano”, con baja o nula participación del “destinatario”, este posible empoderamiento del usuario resulta altamente disruptivo.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Situación normativa

En el contexto nacional, en noviembre de 2017 el Congreso Nacional aprobó la Ley N° 27.424 “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública”, que entró en vigencia por decreto 1075/2017.

Esta ley establece las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red. Además crea el FODIS (Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables) para proveer recursos y otorgar préstamos, subsidios o bonificaciones, fijar incentivos a la inyección o bonificaciones para la adquisición de sistemas de generación y el FANSIGED (Fondo para el fomento de la industria nacional asociada).

En noviembre de 2018 a través del decreto N° 986 se aprobó la reglamentación de ésta ley estableciendo que el cálculo de compensación estará a cargo del Distribuidor bajo el modelo de balance neto de facturación.

La Resolución N° 314/18 de la Secretaría de Energía (20 de diciembre de 2018) es la norma de implementación y establece una clasificación de 3 tipos de usuarios generadores: pequeños (hasta 3 kW), medianos (desde 3 y hasta 300 kW) y grandes (más de 300 kW) (Secretaría de Energía, 2018). Hasta el momento han adherido a la Ley once (11) provincias: Mendoza, Tucumán, San Juan, Córdoba, Tierra del Fuego, Corrientes, La Rioja, Catamarca, Río Negro, Chubut, CABA y la provincia del Chaco, área de interés del presente trabajo.

En el ámbito de la provincia del Chaco, desde un punto de vista energético, la principal actividad estatal se limita a la distribución de la energía. La capacidad de generación e inyección a la red eléctrica nacional es ínfima en comparación a los niveles de consumo que tiene (Serrani, 2018), dado que en 2017 consumió el 2% del total de la energía nacional y produjo solamente el 0,12%, por lo que se la considera una provincia “importadora neta” de energía. Sin embargo cuenta con un alto potencial de recursos energéticos renovables, en especial de energía solar y biomasa (de origen forestal y agrícola), que se encuentran subutilizadas (Serrani, 2018). La provincia a través de la Ley N° 668 de mayo de 2019 adhirió a la Ley Nacional, lo que habilita la posibilidad de inyección a red de usuarios generadores.

En cuanto al consumo el mayor porcentaje es requerido por la actividad residencial, situación que se incrementa y acentúa en el tiempo, como se observa en la Tab. 1.

Tabla 1 - Porcentaje de consumo por tipo de usuario. Chaco. 2014-2017.

Fuente: (Serrani, 2018) en base a datos de CAMMESA.

CATEGORÍA	2014	2015	2016	2017
Residencial	63,20 %	65,00 %	63,30 %	69,90 %
Comercial	28,70 %	28,00 %	25,60 %	24,90 %
Industrial /comercial grande	8,10%	7,00%	6,10%	5,20%

### 2.2. Los barrios de vivienda

Los barrios son tipologías urbanas que agrupan viviendas similares, de rasgos comunes o idénticas, que conforman una unidad. Como tipología urbano-arquitectónica posee características que por una parte favorecen y por otra condicionan las posibilidades de incorporación de SFCR.

Entre los aspectos favorables se puede señalar:

- Generalmente poseen una morfología uniforme, lo que simplifica cuestiones técnicas y geométricas (como ser el análisis de sombra, inclinaciones y materiales).
- Posible economía de escala.
- En general son viviendas individuales con un solo propietario, lo que favorece la implementación y posteriormente la facturación (aunque existen otras tipologías como por ejemplo los monoblock).
- Representa un alto porcentaje de la superficie construida de las ciudades de la Argentina y la región NEA.
- Son planificados participando en su diseño y construcción profesionales de la arquitectura, existiendo además la posibilidad de integrar equipos interdisciplinarios.
- Se verifica un vínculo emocional entre el usuario y su vivienda lo que genera mayor conciencia ambiental y del uso de la energía.
- Es factible la existencia o conformación de entidades intermedias que favorezcan la interacción comunitaria para la promoción, implementación y apropiación de este tipo de iniciativas.

Entre los aspectos negativos se puede señalar que:

- La actividad residencial posee una curva de consumo que no coincide exactamente con la curva de generación solar.
- Si bien existen diversos modelos de gestión para la construcción de barrios, en la República Argentina prevalece la vivienda social de producción estatal, a través de operatorias de tipo “llave en mano”. Los “destinatarios” tienen a asumir un rol pasivos en los procesos de toma de decisión, por lo que el grado de compromiso con cuestiones ambientales es altamente variable.

Desde hace unos veinte años se realizan una serie de esfuerzos normativos por mejorar la habitabilidad y calidad higrotérmica de este tipo de operatorias.

En el año 2000 la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, estableció los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” con consideraciones técnicas referidas a aspectos constructivos para las viviendas. Posteriormente esta norma fue actualizada en el año 2006.

En julio de 2017 se promulgó la Resolución 9-E/2017 (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2017) mediante la cual se revisan los estándares mínimos, aumentado las exigencias de calidad térmica edilicia e incorporando un anexo de energías renovables. En 2019 se realizó una nueva actualización a través de la Resolución N° 59/2019, que sintetiza numerosas normativas y recomendaciones. Por último en noviembre de 2019 se promulgó la Resolución N° 75/2019 de “Sello de vivienda sustentable” como metodología de evaluación, diagnóstico y certificación de viviendas y establece el procedimiento y especificaciones técnicas.

Estas modificaciones se enmarcan en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, enfocada sobre todo, a mejorar la respuesta de la vivienda, con respecto a las condiciones climáticas y a la reducción del consumo de energía. Estas acciones tienden a disminuir el gasto de las familias y a mejorar su calidad de vida, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

En 2018 se elaboró el “Manual de vivienda sustentable” editado por la Secretaría de Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación, en forma conjunta con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Ministerio de Energía.

El manual forma parte del proyecto “Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Social Argentina”, financiado por el Fondo Mundial para el Ambiente, cuyos objetivos principales son:

- Contribuir a la reducción de emisiones de GEI en Argentina, como resultado de la disminución del consumo de energía en la vivienda social.
- Elaborar nuevos estándares mínimos de habitabilidad, incorporando medidas de eficiencia energética (EE) y energía renovable (ER) para la construcción de la vivienda social.

El manual se divide en los siguientes apartados: sitio, diseño integral, energía, agua, agricultura urbana, construcción y buenas prácticas y propone una herramienta de evaluación que denomina “semáforo”, que en relación a todos estos aspectos desarrolla variables y valores deseables y no deseables.

En cuanto al apartado energía se divide en: plan energético, acondicionamiento térmico (para refrigeración y calefacción), agua caliente, iluminación, controles, artefactos eficientes, energías renovables, medición y monitoreo y consumo energético. La pauta es lograr todas las medidas pasivas de ahorro energético, para incluir luego los aportes activos de alta eficiencia y las energías renovables. Las ER aparecen simplificadas a la existencia o no de las mismas.

También la intención de incluir a los futuros usuarios o sus representantes en el proceso proyectual para favorecer la aceptación y satisfacción de las necesidades, a través de la participación activa (pudiendo co-gestionar el desarrollo, ejecución y la implementación de diversos grado del proyecto) y la participación consultiva. Cuando el usuario no sea aun conocido sus intereses se incorporarán a través de un representante. También declara la importancia de la participación pública, ya sea consultiva o informativa.

Se incorpora el concepto de diseño flexible y accesible, la necesidad de contemplar planes de reconversión, deconstrucción y reciclaje, así como una lista de materiales prohibidos por ser dañinos para la salud.

En esta constelación de acciones también se destaca la actualización de la norma “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo” (IRAM 11900, 2017) que establece un cambio de paradigma en lo que respecta a la evaluación de la eficiencia. El cálculo propuesto está conformado por los aportes de energía primaria en climatización, agua caliente sanitaria, energía solar térmica y fotovoltaica e iluminación, plasmando en la etiqueta los resultados que permiten calificar a la vivienda en la escala de eficiencia. El objetivo del estudio de la IRAM 11900 es la unificación a nivel nacional de los criterios de evaluación y calificación energética de viviendas para la aplicación de políticas públicas de ahorro de energía y se encuentra en proceso de discusión.

### 2.3. Los barrios en la ciudad de Resistencia

La ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, ubicada en Latitud Sur 27°27'38" S y Longitud Oeste 58°59'02". La radiación solar puede considerarse buena, con una generación anual de 1,80 MWh/m<sup>2</sup> para un ángulo óptimo de 21,32 grados (Righini y Grossi Gallegos, 2011).

Se ubica en la Zona I, muy cálida (IRAM 11603, 2011) que durante la época estival presenta valores de temperaturas máximas superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a 15°C. El periodo invernal es poco significativo con temperaturas medias durante el mes más frío de superiores a 12°C. Resistencia corresponde a la Subzona Ib, de características húmedas y con amplitudes térmicas menores a 14°C (IRAM 11603, 2011).

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) para el 2010 su población era de 290.723 habitantes (lo que resulta muy gravitante sobre el total provincial de 1,06 millones de habitantes).

La ciudad en los últimos 40 años ha sufrido un vertiginoso crecimiento poblacional triplicando su población con la consecuente expansión urbana (Borges y Scornik, 2001).

La ciudad se encuentra girada 45° con respecto al Norte, por ello para la implementación de SFCR las orientaciones posibles más favorables serían la Noroeste y Noreste.

En la ciudad de Resistencia los barrios de viviendas sociales de producción estatal han sido decisivos en la expansión y la conformación del tejido urbano. La Fig. 1 presenta un gráfico con la cantidad de viviendas construidas por año y se observa que a finales de los 70 y principios de los 80 se produce un pico, en coincidencia con la construcción de los barrios de mayor escala. Son justamente los barrios de número más alto, los que presentan los problemas sociales más agudos, y en la actualidad conforman un foco de inseguridad y degradación.

A partir de fines de la década del 80 y principios de los 90, en coincidencia a una descentralización de las políticas habitacionales hacia los institutos provinciales, esta situación se revierte y se prioriza el desarrollo de propuestas mutuales y a través de Organizaciones No Gubernamentales que producen agrupaciones pequeñas, de hasta 100 viviendas, generalmente de viviendas individuales con patio y posibilidades de expansión.

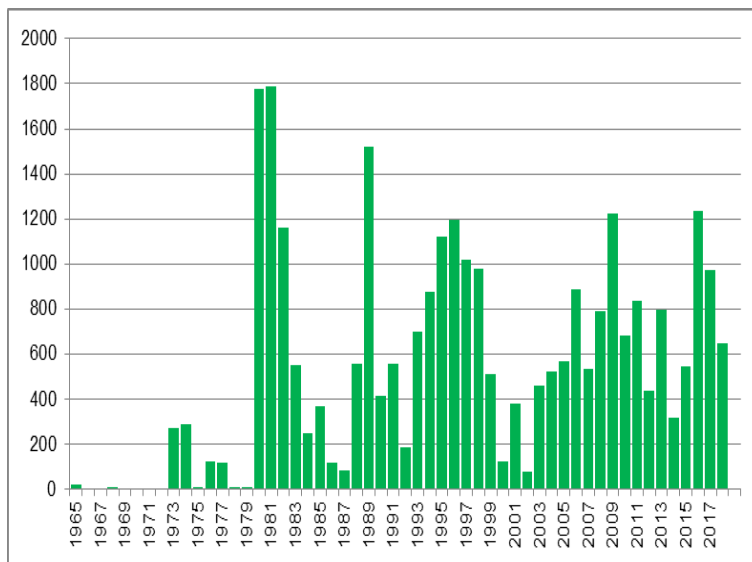


Figura 1 - Cantidad de viviendas construidas por el estado en la ciudad de Resistencia.  
Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por el IPDUV, 2018.

En la ciudad de Resistencia de acuerdo a la Dirección de Estadísticas del Chaco el número total de casas es de 114.309 y el de departamentos es de 9.668. Ambas categorías sumadas dan un total de 123.977 viviendas.

De acuerdo al IPDUV el número de viviendas sociales construidas en Resistencia es de 28.564 esto significa que aproximadamente el 23% de las viviendas de la ciudad han sido construidas y financiadas por el estado en diversas operatorias.

En la Fig. 2 se muestra un plano de la ciudad de Resistencia, donde se señala en tono azulado los distintos conjuntos de viviendas construidos en operatorias oficiales. En la zona sur se asienta la mayoría de los complejos, principalmente construidos a fines de los 70 y principios de los 80.

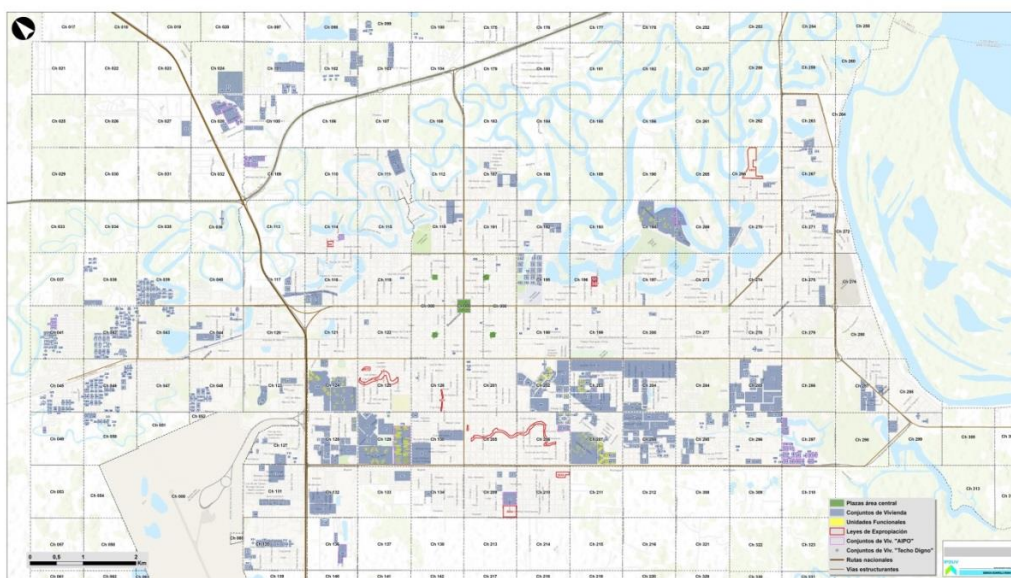


Figura 2 - Barrios de viviendas sociales ubicados en el plano del AMGR.  
Fuente: IPDUV, 2018.

## 2.4. Caso de estudio: barrio MUPUNNE

El barrio MUPUNNE (Mutual del Personal de la Universidad Nacional del Nordeste) ha sido construido mediante la Resolución 10/20 en la ciudad de Resistencia en el año 1998. Posee una antigüedad de 20 años y se encuentra en las dos terceras partes de su vida útil esperada.

El barrio se emplaza sobre un terreno de aproximadamente una hectárea, constituido por dos manzanas separadas por una calle pública. Cada manzana presenta un loteo distinto una de ella posee 36 lotes y la otra 34, dando un total de 70 viviendas.

El prototipo que se repite hacia cualquier orientación, sin tener en cuenta criterios de diseño bioclimático, es una vivienda en dúplex (planta baja y planta alta) de 82 m<sup>2</sup>. La construcción es de tipo tradicional con paredes de ladrillos comunes a la vista en la cara exterior y con revoque completo en la cara interior, cubierta de chapa galvanizada sinusoidal a dos aguas: el faldón de fachada, de mayor superficie, a 12° y el de contrafachada, de menor superficie a 20°.

Los muros exteriores presentan una transmitancia térmica que no verifica a ningún nivel de confort propuesto por normas IRAM 11605. No presenta riesgo de condensaciones intersticiales pero sí superficiales, debido a la baja resistencia del cerramiento.

La cubierta de chapa galvanizada sinusoidal, sobre una cámara de aire ventilada y un cielorraso de placas de yeso con aislación térmica incorporada de poliestireno expandido, posee un K que verifica en condiciones mínimas de confort (nivel C). En cuanto al riesgo de condensaciones, el cerramiento presenta riesgos de condensaciones superficiales e intersticiales. El techo de planta baja es de losa de viguetas pretensadas y ladrillones cerámicos, con capa de compresión, hormigón de pendiente, sin aislación térmica y la aislación hidráulica, con una transmitancia que no verifica en ninguna condición de confort. Este techo presenta riesgos de condensaciones superficiales e intersticiales.

Las carpinterías son muy sencillas en cuanto a sus prestaciones, pero tienen la ventaja de poseer postigones de madera que mejora su rendimiento energético.

La propuesta no evidencia criterios de diseño ambiental pasivo y, por sus bajas prestaciones higrotérmicas genera disconfort en el usuario y un alto consumo energético.

En la Fig. 3 se observa la situación del barrio en la actualidad. Si bien existen ampliaciones de los vecinos, incorporación de especies arbóreas, presencia de cables, etc, la posibilidad de considerar el techo del segundo nivel para la incorporación de un SFCR es favorable además del retroceso de la línea municipal que aleja la incidencia de las sombras de elementos y forestación urbana.



Figura 3 - Fotografía del Barrio MUPUNNE en la actualidad.

Para analizar la variación en el consumo se tomó una muestra de veintiún (21) viviendas (30% del barrio) y se comparó el consumo de diciembre de 2007 en relación al del mismo período de 2017 sobre la base de los datos de la empresa distribuidora de energía provincial “Servicios Energéticos del Chaco Empresa del Estado Provincial” (SECHEEP), dando como resultado un incremento del 58% en diez años.

Este aumento del consumo resulta alarmante y puede ser explicado por modificaciones de comportamiento energético, acceso a crédito para la compra de equipos de aire acondicionado y un posible incremento vegetativo. En el excesivo consumo energético también resulta importante la distorsión que genera en la percepción de la temática los subsidios de la energía convencional.

## 2.5. Instalación de SFCR propuesta

Considerando el comportamiento higrotérmico inadecuado de la envolvente y la falta de criterios de diseño ambientalmente consciente del barrio, la situación ideal para una rehabilitación energética del mismo sería una adecuación tecnológica constructiva, mejorando la aislación térmica, proponiendo protecciones y pantallas solares, entre otros criterios de diseño pasivo. Sin embargo este tipo de intervenciones resultan impracticables por la falta de interés de usuarios, del estado y las incomodidades que generara en la vida cotidiana de sus ocupantes. Las estrategias enfocadas en la corrección térmica de la envolvente resultan las más complicadas para implementar, sin embargo resulta más viable lograr mejoras en la eficiencia de sistemas de acondicionamiento térmico mecánico y lumínico.

Considerando el aumento del consumo de los últimos años, la factibilidad normativa a partir de la promulgación de la Ley Nacional de GD y la adhesión provincial, se realiza una propuesta de mejora del desempeño energético ambiental del barrio a partir de la incorporación de SFCR, para disminuir el consumo energético de fuentes convencionales, disminuir la emisión de GEI e incrementar la conciencia ambiental de los usuarios.

En función del análisis del barrio se realiza una propuesta general de incorporación de SFCR teniendo en cuenta las distintas orientaciones priorizando el Noreste (NO) y Noroeste (NE) que serían las más favorables luego del Norte (que como se señaló no es una orientación frecuente en la ciudad de Resistencia).

Para ello se realizó un modelo en tres dimensiones del barrio en el programa Sketch Up (producto de Google de uso libre y gratuito) teniendo en cuenta un entorno aproximado de 100 metros e incorporando la vegetación existente de gran porte. El modelo fue exportado al programa PV\*SOL premium 2019.

En una primera instancia se proponen alternativas para la incorporación del arreglo fotovoltaico, con distintas opciones de 8 o 10 módulos de 260 W de potencia por cada vivienda, considerando superficies “brutas” factibles de intervenir con las siguientes alternativas: paralelo a la cubierta, parasoles y cubiertas adicionales (espacios semicubiertos para garaje o expansión). En la Fig. 4 se observa en primer plano las intervenciones ensayadas para una de las manzanas del barrio en las que se dispusieron 10 módulos por vivienda, con arreglos paralelos a la cubierta existente en las viviendas de frentes Noreste (sobre calle Dodero) y Noroeste (calle Thort), mientras que en la viviendas cuyas fachadas dan al Sureste (arriba a la izquierda) se proponen parasoles en planta alta y planta baja. En las viviendas cuyas fachadas dan al Noroeste se propone un techo a modo de espacio semicubierto de expansión en el patio trasero. En la manzana posterior se ensayan otras posibilidades como garajes y espacios semicubiertos tipo quincho en los fondos de los terrenos.

Esta primera aproximación de diseño tiene por objetivo visibilizar las distintas posibilidades arquitectónicas disponibles.



Figura 4 - Propuesta de intervención con SFCR del B° MUPUNNE.

Fuente: elaboración propia en base a modelación del programa PV\*SOL premium 2019.

Se propone un arreglo de 8 módulos de 260 W, en una superficie de 13,4 m<sup>2</sup>, que da una potencia de generador fotovoltaico de 2,1 kWp. El consumo de la vivienda adoptado es de 4.308 kWh/año, correspondiente a una familia tipo (2 adultos y 2 niños) previsto por el programa PV\*SOL.

En la Tab. 2 se transcriben los principales resultados de la simulación donde se observa una cobertura de la generación solar en relación al consumo teórico del 66,1% para la orientación Noreste y el 69% para la orientación Noroeste del arreglo.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas considerando la totalidad del barrio de 70 viviendas, rondarían las 122 toneladas anuales, lo que resulta uno de los principales aspectos positivos de una intervención de este tipo.

El costo aproximado de una instalación de este tipo es de aproximadamente cinco mil dólares (US\$ 5.000) lo que resulta realmente inaccesible para el segmento social que habita estos barrios. Se considera que el porcentaje de cobertura de la generación sobre el consumo será principalmente para autoabastecimiento, es decir que el impacto económico en el usuario será en la reducción en la facturación. La posibilidad de líneas de crédito asequibles para el usuario promedio, representa una condición insalvable para la implementación de SFCR en el sector residencial, dado que implica un alto costo inicial.

Tabla 2 - Resultados de la simulación de un arreglo de 2,1 kWp por vivienda para cada orientación  
Fuente: Pilar, 2019, mediante el programa PV\*SOL premium 2019.

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	UNIDADES	NE	NO
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	%	77,1	78,4
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	2,3	0,6
Energía de generador FV (Red CA)	kWh/año	2.849	2.972
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	kg /año	1.709	1.783
Cobertura solar/consumo	%	66,1	69,0

## 2.6. El usuario

En general en el ámbito de las investigaciones sobre tecnologías energéticas se observa un énfasis en la “implementación” y se dejan relegadas las posibilidades de “apropiación” del usuario, considerando implícitamente que se dará de forma automática, lo que resulta una perspectiva ingenua y simplista.

Esta dimensión social de la tecnología es generalmente desatendida, a pesar de que resulta definitoria para la GD, dado que el usuario pasa de un rol pasivo a un nuevo protagonismo de tipo “bidireccional” en el que produce y consume energía.

Frente a la falta de participación del “destinatario” en las políticas “llave en mano” habitacionales dominantes la posibilidad de que el vecino se transforme en un “prosumidor” resulta un aspecto importante a abordar.

Por ello, para conocer cuál es la percepción sobre la temática de los vecinos del barrio se realizó una encuesta estructurada, de carácter anónima (para aumentar la confianza), siendo verificable la realización fehaciente de la misma a través del domicilio declarado por los encuestados.

Un total de quince (15) vecinos del barrio respondieron la encuesta, que representa una muestra de poco más del 20% de los casos dado que el barrio cuenta con 70 vivienda.

En la Fig. 5 se muestra el resultado ante la pregunta “¿Cómo valoraría sus conductas de consumo eléctrico?”, en una escala de 1 a 5, donde 1 significa que no es cuidadoso con el uso de la energía y 5 que es muy cuidadoso, un 26,7% consideró un comportamiento medio y un 66,7% considera que es “muy cuidadoso con la energía”.

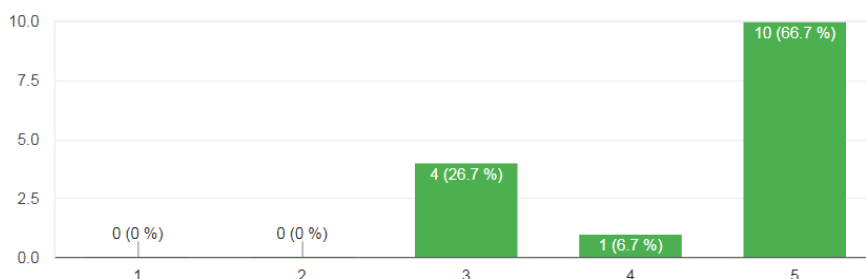


Figura 5 - Valoración de los vecinos sobre su conducta de consumo eléctrico. Fuente: Pilar, 2019.

Un 73,3% de los encuestados considera que la factura de SECHEEP es muy cara y un 26,7% que es correcta.

Consultados sobre el servicio que presta la empresa SECHEEP, y con la posibilidad de señalar más de una opción, un 53,3% considera que “la facturación es confusa. No se entiende de donde surgen los valores”, un 40% señala la problemática de “los cortes de luz”, “la fluctuación de tensión” y “es muy cara la factura”, como se observa en la Fig. 6.



Figura 6 - Aspectos considerados negativos por los vecinos del servicio de SECHEEP. Fuente: Pilar, 2019.

En la Fig. 7 se observa el resultado frente a la pregunta “¿Qué opinión le merecen las energías renovables?” debiendo optar en una escala numérica entre 1 (nada importante) y 5 (muy importante), el 86,7% consideró que las energías renovables son muy importantes.



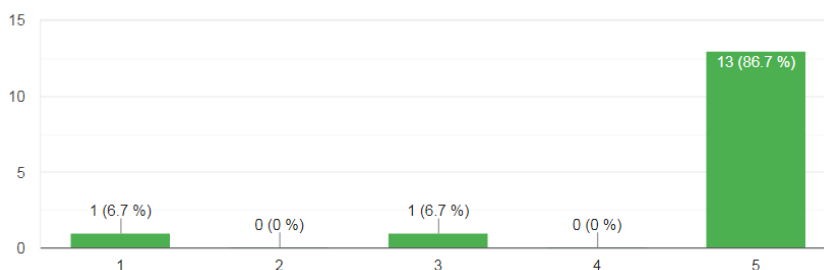


Figura 7 - Opinión de los vecinos sobre la importancia de las energías renovables. Fuente: Pilar, 2019.

En relación a la pregunta “¿Qué opina de la energía solar?”, con la posibilidad de elegir más de una opción y añadir otras, el mayor número de respuestas se enfocan en la cuestión económica, con un 60% que considera que “puede ser un ahorro para la economía familiar”, seguido de un 53,3% que la considera “ecológica”. En cuanto a las respuestas que demuestran dudas se registra: “no sabría a quién recurrir en caso de un desperfecto” (26,7%), “es muy alto el consto de la instalación” (23%), “no sabría cómo usarla” (6,7%) y “no me parece interesante” (6,7%). Ningún encuestado señaló la opción “Tengo miedo que tenga efectos negativos en la salud”. Luego se registran respuestas no previstas entre las opciones con una respuesta cada una “no existen equipos y aparatología adaptada en el barrio”, “no conozco los costos de instalación” y “falta de capacitación”, como se observa en la Fig. 8.



Figura 8 – Opinión de los vecinos sobre la energía solar. Fuente: Pilar, 2019.

Con respecto a la pregunta “¿le gustaría que su barrio se vea así?”, para lo cual se replicaba en el formulario una imagen del barrio con paneles solares en los techos, todas las respuestas fueron positivas. Algunas con mayor énfasis con 46,7% de las respuestas que afirman “sí, me encanta” y el resto que le gusta. No hubo respuestas dubitativas o negativas.

Habiendo sido consultado sobre si le gustaría que su casa tenga paneles solares el 93,3% afirmó que sí y un encuestado señaló que el “Mantenimiento podría ser muy costoso”.

Ante la consulta “¿Qué opciones le parece más acertada para la instalación?” y con la posibilidad de optar por más de un alternativa, las alternativa de organización comunitaria de los vecinos y crédito del gobierno son las más elegidas con 53,3% de respuestas positivas en cada caso, seguida de la opción “que el gobierno entregue e instale gratuitamente el sistema” con un 26,7% de los encuestados, la tarifa diferenciada ha sido seleccionada en un 20% de las respuestas y por último la compra e instalación individual con 13,3% de las respuestas como se observa en la Fig. 9.

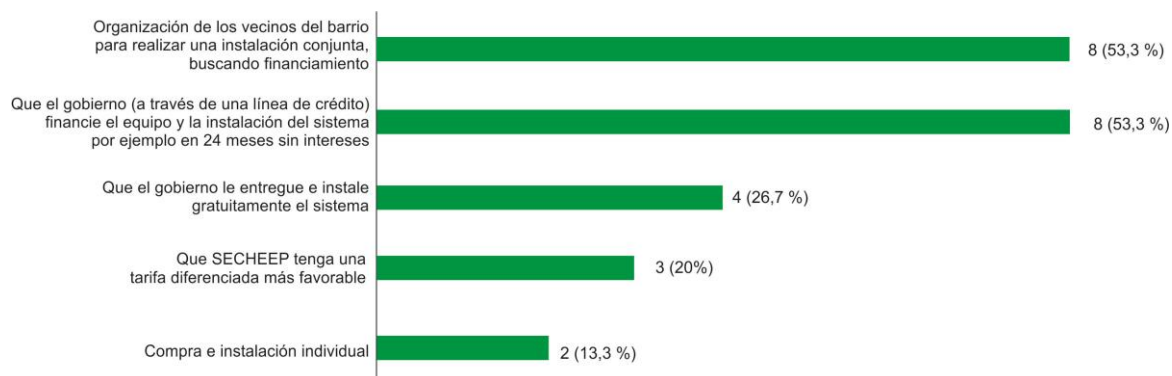


Figura 9 - Metodología de implementación considerada más adecuada por los vecinos. Fuente: Pilar, 2019.

Ante la pregunta “¿Qué cosas le parecen importantes para implementar estos sistemas?” y con la posibilidad de elegir más de una opción, el mayor número de respuestas apuntó a la “información y capacitación” (80%), seguido de “asistencia técnica” (53,3%), “financiamiento” y “asesoramiento on line o telefónico” (46,7%), “organizarnos como barrio para lograr una implementación conjunta” (40%), “manual del usuario” y “tener un organismo a quien recurrir” con un 20% cada una, como se muestra en la Fig. 10.

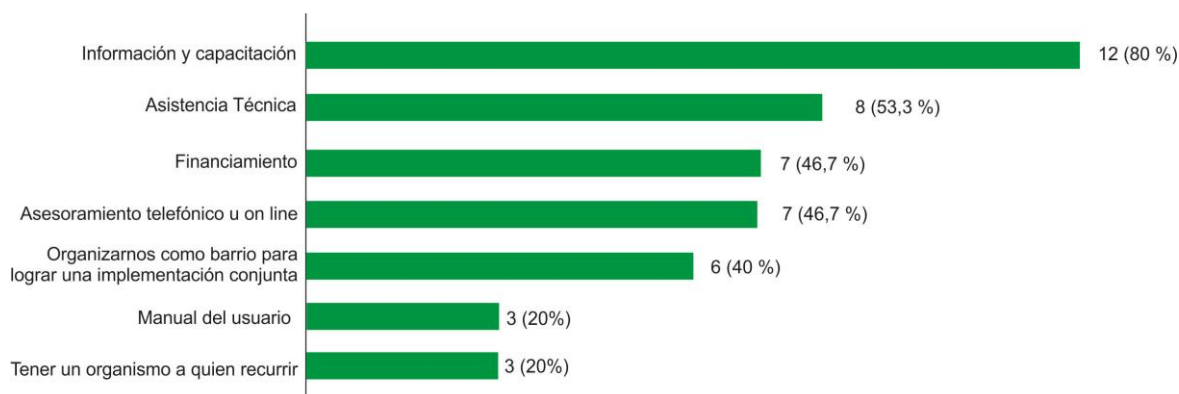


Figura 10 - Aspectos importantes para implementar SFCR. Fuente: Pilar, 2019.

En general se observa una alta valoración de los vecinos sobre las energías renovables y la solar en particular. Esto representa un capital importante para indagar en las posibilidades de implementación de esta innovación trabajando fuertemente en mecanismos que favorezcan su apropiación.

La participación del usuario de forma individual o conjunta, a través de comisiones vecinales u organizaciones intermedias, aparece como el camino ineludible para lograr la implementación – apropiación de SFCR en barrios de vivienda construidos, que representan una alta proporción del sector residencial de la ciudad y cuyo consumo aumentó alarmantemente en los últimos años.

De esta manera se evitarán emisiones de GEI, se reducirá el consumo de recursos fósiles y se incrementará la conciencia energético – ambiental de los ciudadanos.

### 3. CONCLUSIONES

Los barrios de vivienda en la ciudad de Resistencia, Chaco, representan el 23% de la superficie residencial construida. En general la calidad constructiva es deficiente y no cumple con los estándares mínimos de confort recomendables. La solución tecnológico – constructiva tendiente a una rehabilitación energética desde un punto de vista constructivo resulta onerosa y compleja, dado que altera la vida cotidiana de sus ocupantes.

En el caso de estudio analizado, barrio MUPUNNE, se observa un aumento del 58% del consumo eléctrico en los últimos 10 años. Por ello, y como una medida para disminuir el consumo energético de fuentes de origen fósil, disminuir la emisión de GEI y aumentar la conciencia ambiental de los usuarios se propuso la incorporación de SFCR en las viviendas de 2,1 kWp, con una superficie de 13,4 m<sup>2</sup>, que dio como resultado una cobertura de dos tercios de generación sobre el consumo promedio.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas considerando el conjunto del barrio de 70 viviendas, rondarían las 122 toneladas anuales, lo que resulta uno de los principales aspectos positivos de una intervención de este tipo.

El costo aproximado de una instalación de este tipo es de aproximadamente cinco mil dólares (US\$ 5.000) lo que resulta realmente oneroso para el segmento social que habita estos barrios. El porcentaje de cobertura de la generación solar sobre el consumo principalmente será para autoabastecimiento, es decir que el impacto económico en el usuario se verá reflejado en la reducción en la facturación, que sigue siendo subsidiado por el estado, lo que genera una distorsión.

La posibilidad de líneas de crédito asequibles para el usuario promedio, representa una condición insalvable para la implementación de SFCR en el sector residencial de los barrios estatales.

Un aspecto fundamental para este tipo de implementación es considerar la perspectiva de los usuarios, generalmente dejada de lado en las intervenciones estatales, cuya política dominante ha sido el sistema de “llave en mano”.

Por ello en el presente trabajo se realizó una encuesta para conocer la percepción de los posibles usuarios – generadores sobre las posibilidades de implementación de SFCR. De los resultados de la misma se rescata una alta valoración de las energías renovables y la solar en particular y la necesidad de prever en la implementación mecanismos de información y capacitación, asistencia técnica, manual del usuario y asesoramiento. La sensibilización y participación activa de los vecinos resulta el camino ineludible para modificar la inercia del comportamiento generalizado e impulsar un nuevo rol de “prosumidor”.

## REFERENCIAS

- Borges, J. C., Scornik, C., 2001. Conflictos entre circulaciones y desarrollo potencial de la circulación peatonal en la Ciudad de Resistencia. Secretaría General de Ciencia y Técnica. UNNE. Corrientes.
- CAMMESA, 2018. Informe Anual 2017. Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico SA. Buenos Aires.
- IRAM 11603, 2011. Acondicionamiento Térmico de Edificios: Clasificación Bioclimática de la República Argentina. Buenos Aires.
- IRAM 11605, 1996. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
- IRAM 11900, 2017. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Buenos Aires.
- Latour, B., 2017. Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas. Siglo Veintiuno Editores. Buenos Aires.
- Ley N° 27.424, 2017. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Buenos Aires.
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2017. Resolución 9-E: Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Secretaría de Vivienda y Hábitat. Buenos Aires.
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018. Manual de la Vivienda Sustentable. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Buenos Aires.
- Pilar, C., 2019. Integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos conectados a red en barrios de viviendas de la ciudad de Resistencia, Chaco. Un enfoque sociotécnico. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe.
- REN21, 2018. Renewables Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris.
- Righini, R., Grossi Gallegos, H., 2011. Mapa de energía solar colectada anualmente por un plano inclinado. Un ángulo óptimo en la República Argentina. Cuarto Congreso Nacional - Tercer Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía - págs. 11-161. HYFUSEN. Mar del Plata.
- Secretaría de Energía, 2018. Resolución 314. Buenos Aires.
- Serrani, E., 2018. Alternativas energéticas para Chaco. Escuela de Gobierno de la Provincia del Chaco. Resistencia.
- Toffler, A., 1980. La tercera ola. Plaza y Janes Editores. Colombia.

### FACTABILITY STUDY OF INCORPORATION OF PHOTOVOLTAICAL SYSTEMS CONNECTED TO NETWORK IN CONSTRUCTED BARRIOS OF THE CITY OF RESISTENCIA, CHACO.

**Abstract.** *In the city of Resistencia, Chaco province, located in the northeast Argentina Region, the social housing neighborhoods built by the state represent a high percentage of the residential sector. These operators were carried out by prioritizing the amount of solutions over the construction quality of the solutions, resulting in inadequate thermal behaviour that forces users to over-spend energy to achieve minimum conditions of Comfort. Since the Distributed Generation Law has been enacted at the national level and the Chaco Province has acceded to it, this article analyses the feasibility of incorporating networked photovoltaic systems (SFCR) in neighborhoods built as a mechanism clean energy generation, to reduce energy consumption from conventional sources, to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and to increase user awareness. The applied methodology is the selection of a neighborhood built as a case study. Its technological - constructive resolution is analyzed by characterizing the envelope based on the IRAM (Argentine Institute for Standardization and Certification) standards and its current energy consumption compared to that of ten years ago. An SFCR of 2.1 kwp is proposed, carrying out a technical, economic analysis and simulating the generation, which results in a coverage of two thirds of the solar generation on consumption. To know the opinion of potential users on the incorporation of SFCR, a survey is conducted on the perception of environmental issues, aesthetics and operational aspects that they consider important for a successful implementation. The main results are that there is technical feasibility, regulation and readiness of users, but serious difficulties for their economic viability unless affordable credit lines are proposed.*

**Key words:** *Solar Energy, Architecture, User-generator.*