

Dra. Arq. Claudia Pilar

## Intervenciones fotovoltaicas en barrios de viviendas



Colección  
TESIS



I.T.D.A.Hu.

Pilar, Claudia Alejandra

Intervenciones fotovoltaicas en barrios de viviendas / Claudia Alejandra Pilar. - 1a ed adaptada. - Corrientes : Ediciones del ITDAHu, 2023.

Libro digital, PDF - (Tesis / Daniel Edgardo Vedoya ; Claudia Alejandra Pilar ; 2)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48995-3-8

1. Redes Eléctricas. 2. Viviendas de Interés Social . I. Título.

CDD 363.502

Ediciones del ITDAHU

Av. Maipú 228 – (3400) Corrientes (Rep. Argentina)

Diseño de tapa: Claudia Pilar

Impreso por Sistema Gráfico Digital

en el departamento de Publicaciones del Área de Técnicas Educativas del ITDAHu

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional del Nordeste

Impreso en Argentina

Mayo de 2023

**ISBN 978-987-48995-3-8**



A standard 1D barcode representing the ISBN 978-987-48995-3-8. The barcode is composed of vertical black lines of varying widths on a white background. Below the barcode, the numbers 9 789874 899538 are printed in a bold, black, sans-serif font.

*A Dani, Juani y Pato  
por enseñarme que el amor  
es la fuente de energía más potente del universo*



## AGRADECIMIENTOS

El presente libro está basado en la tesis doctoral defendida en la Universidad Nacional del Litoral en noviembre de 2019 y condensa el conocimiento, contribución intelectual y moral de numerosas personas.

Desde lo afectivo el principal agradecimiento es para Dani, Juani y Pato, citados en orden de aparición y no de importancia, por ser los motores de mi vida. Ellos son como el sol para mí, son la fuente inagotable de calor y energía.

A Olga, Lexo, Elsa y Don Roberto por inspirarme en el camino de la superación permanente y colaborar con la concreción de las metas planteadas. Mis hermanos y cuñados y cuñadas, todas fuentes de inspiración para hacer lo correcto en cada situación, aportando también creatividad y pasión. En esa lista de hermanos, también está mi prima Laura y su marido Leo, y sus preciosos hijos. A todos mis sobrinos, que encarnan las “generaciones futuras” y que son motivo de orgullo, cariño y compromiso. A Dorita, Alejandra y Graciela, porque gracias a su apoyo logré “cierta” tranquilidad mental para poder abocarme a esta temática.

A mis amigos del alma que me acompañaron toda la vida: Carolina, Diego, Maijo, Mario y Moira (en orden alfabético, no se peleen que los conozco). Y muchos otros amigos de la secundaria, la facu, la actividad profesional, la vida.

A mis directores, Dr. Arq. Daniel Vedoya y Dr. Arq. Marcelo Zárate, por su acompañamiento.

A la directora del Doctorado, Dr. Arq. Adriana Collado, que permanentemente asistió el proceso, tanto en cuestiones conceptuales como operativas y a los demás integrantes de la carrera y del comité académico. A las autoridades de la FADU UNL y en especial a la Secretaría de Posgrado, por su cordial recibimiento y permanente colaboración.

Al Grupo de Energías Renovables de la FaCENA UNNE por sus aportes conceptuales y bibliográficos.

A los funcionarios de organismos públicos las provincias, los Presidentes de los Consejos Profesionales, profesionales del medio, los vecinos de los barrios, comerciantes, y todas las personas que aportaron datos y visiones para el desarrollo del presente trabajo.

A los profesores del doctorado por sus aportes y opiniones, que han sido fundamentales para el desarrollo del presente trabajo.

A mis colegas de trabajo e investigación del ITDAHu, de la FAU, UNNE, especialmente a Rosanna y a mis compañeros del doctorado. A través de los debates e intercambio de opiniones, se fue perfilando este trabajo de investigación.

A todos los que cito y a los que de manera directa o indirecta colaboraron con esta instancia: gracias, gracias, gracias.

El sol es la clave para lograr una “arquitectura sostenible auténtica”. Amén.



# ÍNDICE

Introducción .....	10
1. Ambiente y energía .....	14
1.1. La cuestión ambiental .....	15
1.2. Desarrollo sostenible y energía.....	17
1.3. La energía en la historia.....	18
1.4. Energías renovables en el mundo .....	27
1.5. Situación en Latinoamérica .....	32
1.6. Situación energética en Argentina .....	33
1.7. Situación energética en Chaco .....	47
2. Arquitectura y energía solar .....	52
2.1. Arquitectura y sustentabilidad .....	53
2.2. La energía solar como inspiración natural .....	57
2.3. Conceptualización de la “Intervenciones fotovoltaicas” .....	59
2.4. Casos .....	60
2.5. Experiencia en Argentina .....	80
3. Energía fotovoltaica en la Arquitectura .....	92
3.1. Aplicación de los sistemas fotovoltaicos .....	93
3.2. Diseño de los SFCR .....	98
3.3. Aspectos ambientales de los sistemas fotovoltaicos .....	103
3.4. Análisis económico.....	107
3.5. Perspectiva profesional .....	109
3.6. El usuario .....	120
3.7. Condiciones ambientales y urbanas del contexto de estudio .....	122
4. Intervenciones fotovoltaicas en barrios .....	135
4.1. Metodología de abordaje.....	136
4.2. Caso de estudio .....	136
4.3. Casos de aplicación .....	149
5. El aporte sociotécnico .....	170
5.1. Las intervenciones fotovoltaicas como innovación .....	171
5.2. Modelo Sociotécnico Situado.....	180
Conclusiones .....	192
Bibliografía .....	196



# INTRODUCCIÓN



# INTRODUCCIÓN

*“...lo que necesitamos es un nuevo paradigma, una nueva visión de la realidad; una transformación fundamental de nuestros pensamientos, de nuestras percepciones y de nuestros valores.*

*Los inicios de esta transformación, de la transición de una visión mecanicista a una concepción holística de la realidad, ya se comienza a vislumbrar en todos los campos...”*

Fritjof Capra. El Punto Crucial (Capra, 1998)

La arquitectura es una actividad de transformación que genera espacios útiles para la vida del ser humano. Pero lograr es elevado propósito significa al mismo tiempo otras consecuencias no siempre tenidas en cuenta como la incorporación de materia y energía, la generación de residuos y la modificación del entorno de manera directa e indirecta.

La arquitectura no es ajena a los cuestionamientos actuales sobre los patrones de producción y consumo, puestos en crisis principalmente desde un punto de vista ambiental y social.

Una de las facetas de la insustentabilidad ambiental de la construcción del hábitat es el alto consumo energético, dado que aproximadamente el 42% de la electricidad de la Argentina, se consume en el sector residencial (Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico S.A., 2018) y este valor asciende casi al 70% en la provincia del Chaco, provincia importadora neta de energía.

Desde un punto de vista arquitectónico la energía solar reviste especial interés, por la posibilidad de incorporarla a la envolvente generando un cambio en la concepción de los edificios como consumidores de energía, hacia un nuevo paradigma en el que generan parcial o totalmente la energía.

La energía solar puede ser de conversión térmica o fotovoltaica (FV). En este último caso se reconocen los sistemas de funcionamiento aislado, los híbridos y los conectados con la red de distribución.

Este último tipo es uno de los que poseen mayor potencialidad de desarrollo sobre todo para entornos urbanos y son conocidos como Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR).

La Región Nordeste Argentina (NEA) posee un razonable recurso solar para su aprovechamiento y por otra parte la excesiva radiación resulta un problema para el desarrollo de la vida del ser humano y un desafío del diseño arquitectónico.

En el caso específico de la ciudad de Resistencia el crecimiento urbano se dio principalmente a partir de la construcción de barrios de vivienda de producción estatal para sectores de recursos limitados.

Por ello se considera oportuno el análisis de las posibilidades de incorporar SFCR en estos barrios dado que, además de representar un porcentaje importante de la superficie construida, poseen características que favorecerían la implementación de SFCR (densidad, disposición, homogeneidad, condiciones morfológicas, etc.) y significarían una reducción del consumo y los gastos económicos que debe afrontar el usuario a través de las tarifas.

La implementación-apropiación de los sistemas FV posiciona al vecino en el rol de prosumidor (Tofler, 1980) y tiende a su empoderamiento, lo que resulta disruptivo en este contexto, dado

que la política de vivienda “llave en mano” ha sido el mecanismo más extendido de atención al déficit habitacional con baja o nula participación del usuario.

Los obstáculos habitualmente señalados como causantes de la baja implementación de los SFCR son el económico y el normativo. Estos aspectos en la actualidad se encuentran prácticamente neutralizados (escenario inminente de paridad energética y promulgación de la normativa nacional que permite la GD).

La tecnología FV hoy disponible y cada vez más accesible, aparece como un gran adelanto científico-tecnológico adecuado para las condiciones climáticas del ámbito de aplicación y con alta factibilidad de integración a la arquitectura. Sin embargo, para que sean una innovación, debe lograr un proceso de implementación-apropiación que excede el enfoque sólo-técnico y se posiciona en el socio-técnico.

La baja o nula implementación se aborda habitualmente desde una perspectiva técnica y económica, y se desatiende la “apropiación” de esta tecnología por parte del usuario, los vecinos y la sociedad en su conjunto.

El enfoque aquí propuesto se basa en un supuesto de mayor complejidad y considera a las intervenciones fotovoltaica en la arquitectura como un entramado de relaciones sociotécnicas, interrelacionando lo técnico con lo político, normativo, tarifario, profesional, el mercado, el usuario, las asociaciones intermedias, entre otros aspectos.

El entramado se construye a partir de la complejización creciente del concepto de “intervención fotovoltaica en la arquitectura” partiendo de la visión técnica, pasando por una perspectiva arquitectónica, analizándolo como caso de innovación y finalmente desde el enfoque sociotécnico. De esta manera se lo interpela desde la dimensión técnica, constructiva, política, económica, normativa, tarifaria, social, cultural, ambiental, psicológica, perceptual e histórica.

La situación problemática que se vislumbra es que están dadas las condiciones ambientales, tecnológicas y parcialmente económicas y normativas para la incorporación de los SFCR en las construcciones, pero la implementación es baja y la apropiación es nula.

Por ello, desde un punto de vista argumental, se estructura en cinco capítulos.

El primer capítulo, “Ambiente y Energía” compara la situación de las energías renovables en la República Argentina con la del resto del mundo, desde el paradigma de la sustentabilidad ambiental.

En el segundo capítulo, “Arquitectura y energía solar”, se estudian intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura y permite repensar la envolvente de los edificios, para que generen energía, idea inspirada en la fotosíntesis y convoca el aporte conceptual de las ciencias Biomiméticas. Como validación conceptual se abordan “casos” de distintas escalas y tipologías (edificios corporativos, en altura, de carácter públicos, la vivienda y la vivienda agrupada en barrios) contrastando la situación del contexto internacional con las dificultades que enfrenta las escasas experiencias construidas en el país y la región Nordeste.

En el tercer capítulo, “Energía fotovoltaica en la arquitectura”, el objetivo es relevar y describir los factores técnicos, ambientales, económicos, profesionales y humanos que condicionan la implementación-apropiación de los SFCR en los barrios de viviendas de la Región NEA y la ciudad de Resistencia en particular. Para conocer la perspectiva profesional se realizan entrevistas a referentes clave y encuestas a arquitectos, ingenieros y técnicos de la región

sobre tópicos como las energías renovables, su nivel de formación en la temática y la posibilidad de trabajar interdisciplinariamente. Se aborda el tópico “usuario” como definitorio de las posibilidades de “apropiación” de la tecnología. Para conocer los condicionantes particulares del contexto propuesto y del programa (barrio de viviendas) se describe el ámbito físico y urbano de la ciudad de Resistencia y las distintas políticas habitacionales implementadas con el objeto de situar la problemática desde una perspectiva socio-histórica-ambiental.

En el cuarto capítulo, “Intervenciones fotovoltaicas en barrios”, se evalúa las posibilidades de implementación-apropiación de los SFCR en barrios de viviendas a partir del relevamiento profundo del “caso de estudio” y la aplicación hipotética en dos “casos de aplicación”, un barrio construido y un prototipo en estudio. Con el propósito de proponer su implementación en el contexto de la ciudad de Resistencia se abordan dos “casos de aplicación” hipotética (un barrio construido y un prototipo de vivienda).

El quinto capítulo, “El Aporte Sociotécnico”, intenta resolver los obstáculos y factores identificados mediante un “Modelo Sociotécnico Situado”, que favorezca la implementación-apropiación de los SFCR, como herramienta prospectiva. Para ello se retoma el aporte de la filosofía humanista de la tecnología, el enfoque sociotécnico y en especial la Teoría del Actor Red. Mediante una sistematización de variables que recupera los resultados del capítulo anterior, se plantean lineamientos para la elaboración de un Modelo Sociotécnico Situado

La principal conclusión es que las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura es un caso de innovación que se encuentran condicionadas por una red sociotécnica de interrelaciones débiles, por las controversias entre las agendas que sostienen cada uno de los factores intervenientes y que para propiciar su implementación – apropiación es necesaria la construcción de un “Modelo Sociotécnico Situado”.

# CAPÍTULO 1

# Ambiente y energía



# 1. AMBIENTE Y ENERGÍA

*“Echa un vistazo al Sol. Mira la Luna y las estrellas.  
Admira la belleza de los brotes de la tierra. Luego piensa”.*

Hildegard von Bingen.

La cuestión ambiental genera gran preocupación en distintos niveles de decisión en el contexto internacional. Uno de los principales aspectos que se considera desencadenante de esta crisis o mutación (Latour, 2017) es el modo de producción<sup>1</sup> y consumo<sup>2</sup> de la energía y sus consecuencias climáticas.

El presente capítulo aborda la dimensión ambiental de la energía, como marco teórico general. El análisis inicia con la preocupación generalizada sobre el deterioro ambiental y los diversos esfuerzos teóricos para conceptualizarlo, diagnosticarlo y también proponer posibles soluciones. El desarrollo sostenible se analiza desde una perspectiva crítica, reconociendo tanto sus buenas intenciones como las contradicciones inherentes a un concepto que intenta reconciliar la necesidad del crecimiento económico con la preservación y conservación ecológica.

Como afirma Toffler “*el prerrequisito de cualquier civilización, vieja o nueva, es la energía*” (Toffler, 1980) ya que condiciona de forma directa o indirecta los modos de producción y consumo, los estilos de vida, la economía y las configuraciones sociales. Por ello se analiza la energía desde un enfoque histórico, se precisan los distintos tipos y se focaliza en las energías renovables, que resurgen como posible alternativa a una matriz energética basada en recursos fósiles (considerada una de las principales causas de los desastres ecológicos actuales).

Entre las energías renovables se profundiza en la energía solar fotovoltaica de generación distribuida.

El análisis de situación actual se realiza partiendo de la escala global, pasando por la continental para llegar al contexto nacional y provincial de aplicación, con el objetivo de comparar la situación de las energías renovables en la República Argentina con la del resto del mundo, desde el paradigma de la sustentabilidad ambiental considerando aspectos políticos, económicos, sociales, técnicos y ecológicos.

La metodología de abordaje implica una revisión bibliográfica crítica y profunda, su vinculación con datos estadísticos y documentales. Dada la actualidad de la temática se incluye también la perspectiva y análisis de la prensa especializada.

---

<sup>1</sup> El término “producción”, de uso muy extendido es cuestionable, dado que el ser humano “transforma” a través de acciones tecnológicas lo que la naturaleza produce, para lograr bienes y servicios útiles. Desde allí lo natural y lo artificial no son conceptos separados, sino entidades híbridas.

<sup>2</sup> El término “consumo”, lamentablemente naturalizado, refleja el modelo “depredador” del ser humano que en lugar de “usar” los recursos los “consume” vorazmente.

### 1.1. La cuestión ambiental

Ya desde el Génesis aparece la idea de dominación de la Naturaleza por parte del ser humano. Sin embargo, esto no generó grandes repercusiones hasta la revolución industrial. La mayor parte de las culturas anteriores hacían hincapié en una aceptación de la pobreza y una preservación de la naturaleza como única fuente de recursos (Toffler, 1980).

Las culturas antiguas no eran particularmente respetuosas de la naturaleza. Talaban e incendiaban, agotaban pastos y despojaban los bosques para obtener leña. Pero su poder de causar daño era limitado y el ambiente tenía alta capacidad de resiliencia. No ejercían un impacto irreversible sobre la Tierra y no había necesidad de una ideología explícita para justificar el daño que producían (Toffler, 1980).

Es decir que durante gran parte de la historia de la humanidad el ser humano, a pesar de los cambios tecnológicos, generó impactos ambientales reversibles, mitigables y acotados. La Revolución Industrial fue un punto de inflexión en este devenir, generando un crecimiento en la producción nunca antes conocido a expensas de modificar sustancialmente las relaciones del ser humano con la Naturaleza.

Con el advenimiento de la civilización industrial surgieron capitalistas que extrajeron recursos a escala masiva, lanzaron voluminosos venenos al aire, despojaron bosques de regiones enteras en busca de beneficios económicos, sin prestar mayor atención a los efectos secundarios ni a las consecuencias a largo plazo, sobre la idea errónea de que la Naturaleza estaba allí para ser explotada (Toffler, 1980).

En este contexto se modificaron patrones de producción, de consumo de materiales y energía, de generación de residuos y esto trajo como consecuencia un gran deterioro ecológico y social, que recién fue percibido de forma más o menos generalizada, en la década del 70.

El modo de producción industrial tuvo un crecimiento permanente y sus efectos negativos fueron poco visibilizados, hasta la crisis del petróleo que evidenció la fragilidad del sistema y catalizó la toma de conciencia sobre las consecuencias de un modelo insostenible.

La cuestión ambiental se convirtió así en un tema de preocupación científica, social, económica, cultural y técnica. Entre las indagaciones teóricas que ponen en crisis el modelo de producción industrial, existen visiones apocalípticas y otras más mesuradas, pero todas coinciden en considerar insostenible al paradigma del derroche y el consumo.

El derrotero de abordajes teóricos sobre el tema se inicia con la visión sombría de Malthus en "Population: The First Essay" (1798), que desarrolla la influyente teoría de que la población crece más rápidamente que los recursos, en una visión pesimista, que si bien es vista como una caricatura cultural, fue una señal de alerta recuperada por autores como George Perkins Marsh, Henry David Thoreau, John Muir, Aldo Leopold, entre otros, que, con una tendencia romántica, inspiraron generaciones de ambientalistas y amantes de la naturaleza (Braungart & McDonough, 2005).

En "Primavera silenciosa", de Rachel Carson (1962), esta tendencia romántica se transformó en una preocupación de base científica. La autora imaginó un paisaje sin cantos de aves, principalmente por los efectos de plaguicidas como el DDT, y otros productos químicos causantes de la contaminación, que estaban arrasando la naturaleza (Braungart & McDonough, 2005).

Asociar crecimiento a consecuencias negativas ha sido uno de los principales temas de los ambientalistas de la era moderna. “Los límites del crecimiento” (1972) y “Más allá de los límites” (1992) trabajos encargados por el Club de Roma (un grupo de líderes mundiales del sector empresarial, los gobiernos y la ciencia) al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), concluyen, a través de una simulación computacional de la época, que “*si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años*”.

En “Lo pequeño es bello: la economía como si la gente importara”, Fritz Schumacher (1973), sienta las bases filosóficas y conceptuales para las tecnologías apropiadas a pequeña escala, no violentas, cuestionando la idea generalizada de bienestar y progreso.

Las preocupación por la estabilidad ambiental y social, paralelas a la crisis energética del petróleo, aparentemente encontraron un punto de equilibrio en el Informe Brundtland “Nuestro futuro en común” (1987) de la Comisión Mundial del Ambiente y el Desarrollo, en donde se acuña el término “sustainable development” traducido al español como “desarrollo sustentable” o “desarrollo sostenible”, y lo define como aquel que “resuelve las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de futuras generaciones de cubrir sus necesidades”. La discusión se traslada entonces a la tensión entre desarrollo y preservación, aparentemente resuelta en esta definición o paradigma, que en la práctica presenta serias dificultades de implementación.

Las instancias de tipo intelectual se desarrollaron de forma paralela a los esfuerzos de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales plasmados en las distintas reuniones y cumbres (1972 Estocolmo, 1992 Río de Janeiro, 1997 Kioto, 2002 Johannesburgo y 2012 Río+20) con gran repercusión mediática y declarativa y una limitada incidencia en cambios prácticos realmente implementados. En diciembre de 2018 se llevó a cabo en Buenos Aires la cumbre del G20, siendo uno de los temas centrales el cambio climático.

Una de las líneas teórica sobre la cuestión ambiental pone en duda la posibilidad de remediar un sistema “estructuralmente equivocado”, haciéndolo más eficiente. El análisis de este tipo de teorías es que el sistema de producción y consumo basado en el modelo de la revolución industrial está estructuralmente enfermo, siendo necesario un rediseño del modo en que se hacen las cosas, modificando el sistema de producción para que no exista el residuo. La idea es pasar del modelo actual “de la cuna a la tumba” a otro, inspirado en la naturaleza, en un ciclo circular que va “de la cuna a la cuna” (Braungart & McDonough, 2005). Los diagnósticos precisos y las ideas inspiradoras chocan con las limitaciones o posibilidades de implementación al menos a gran escala.

En los años setenta, el científico inglés James Lovelock y el biólogo norteamericano Lynn Margulis retomaron la tesis de Vernadsky con la publicación de la hipótesis Gaia. Dicha hipótesis afirma que la Tierra funciona como un organismo vivo capaz de autorregularse. Según su teoría, la flora y la fauna de una determinada región y la composición geoquímica de la atmósfera mantienen una relación simbiótica dirigida a mantener niveles climáticos relativamente estables y favorables a la vida en la tierra. El calentamiento global altera este equilibrio debido a la actividad humana, lo que puede tener y de hecho está teniendo, graves consecuencias sobre la biosfera (Sánchez Pacheco, 2010).

En “Cara a cara con el planeta” (Latour, 2017) el autor indaga sobre el concepto de un “Nuevo Régimen Climático” como “mutación” ambiental. La idea de mutación resulta más radical que

la de “crisis ecológica”, habitualmente utilizada, dado que una crisis puede ser pasajera, mientras que una mutación resulta irreversible. Esta nueva era geológica se define como “Antropoceno” poniendo en duda que la naturaleza sea un actor pasivo, porque los efectos nocivos de la población sobre el planeta se están haciendo sentir como reacción y en contra de la misma población, situación que se evidencia en los numerosos y cada vez más frecuentes desastres ecológicos.

La indagación de Latour, desde su teoría de los híbridos, señala la forzada separación entre el ámbito de la Naturaleza y la Cultura. A la ciencia que estudia la naturaleza se la ha obligado a separar los hechos científicos de toda valoración subjetiva. Este imperativo, sin embargo, se vuelve cada vez más impracticable. La producción misma de los datos se basa en una postura híbrida entre enunciados fácticos y enunciados de alerta. Es esta imposibilidad de separar hechos de valores ha sido el talón de Aquiles por el cual los “climatoescépticos” (grupos que relativizan o niegan el cambio climático, por lo general, corporaciones, políticos o “poderosos”, incómodos con los hallazgos científicos) vienen a desacreditar a los mismos científicos. El autor invita una vez más a los científicos a una práctica de la ciencia distinta, situada y declaradamente política (Wertheimer, 2017).

Cuando los científicos constatan el incremento del dióxido de carbono en la atmósfera, no lo pueden enunciar “objetivamente”, como solía hacerse antes. La producción misma de los datos acarrea una postura híbrida entre enunciados fácticos y enunciados de alerta (Wertheimer, 2017).

Para Latour si el aporte de Galileo fue demostrar que *la tierra se mueve*, en los postulados de Lovelock y la Hipótesis Gaia, el autor encuentra la operación simétrica: *la tierra se convierte*. Desde esta perspectiva la tierra tiene la capacidad de actuar (Latour, 2017).

## 1.2. Desarrollo sostenible y energía

El Desarrollo Sostenible ha sido definido por el Informe Brundtland (1987) como aquel que resuelve las necesidades presentes sin comprometer las capacidades de futuras generaciones para cubrir sus necesidades.

Se basa en un principio tridimensional de equilibrio entre el sistema ecológico, económico y social. Los tres sistemas proveen la ayuda mutua en el proceso de desarrollo de la distribución racional de los recursos. El Programa Ambiental de las Naciones Unidas definió las dimensiones éticas sobre las que se basa el principio de la sustentabilidad:

- Respeto y cuidado de la vida
- Mejora de la calidad de vida humana
- Conservación de la vitalidad de la tierra y la diversidad

Las energías renovables son un componente fundamental del desarrollo sostenible. Un mayor aprovechamiento de este tipo de energías puede significar una modificación en los paradigmas actuales de consumo, pudiendo derivar en un proceso de “democratización” del acceso a la energía. Esto permitiría que más personas logren acceder a la electricidad, teniendo impactos sociales positivos sobre el conjunto de la sociedad, especialmente en las poblaciones en situaciones económicas más vulnerables; permitiría además descentralizar el sistema energético, lo cual implica romper con los modelos actuales de organización concentrado; evitaría pérdidas significativas fundamentalmente relacionadas con su

distribución ya que la energía se generaría localmente (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1987) citado por (Serrani, 2018).

La democratización energética de la mano de las energías renovables, daría paso a una nueva etapa, caracterizada por romper con la dependencia y falta de autonomía en el establecimiento de los precios energéticos y transformaría radicalmente la forma en la cual se concibe la generación, uso y consumo de energía (ONU, 1987) en (Serrani, 2018).

Esta misma organización declaró al período 2014 – 2024 como “Década de la Energía Sostenible para Todos” apoyando las fuentes de energía renovables, como estrategia privilegiada para suministrar energía eléctrica a los sectores más vulnerables y en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, se plantea como primera meta del Objetivo 7, garantizar al año 2030, el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos (ONU, 2015).

Las fuentes de energía renovable desde las dimensiones de análisis del desarrollo sostenible se observan que:

- Desde el punto de vista **ecológico** resulta beneficiosas, se encuentran disponibles de manera indefinida en el tiempo y durante su ciclo de vida genera impactos ambientales menores que las fuentes de energía de origen fósil, en especial en cuanto a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esto no significa que no generen impactos en su ciclo de vida, principalmente al inicio (producción) y fin (disposición final).
- Desde el punto de vista **social** permitiría la democratización de la energía, un posible mayor equilibrio territorial y en el caso de la GD, el empoderamiento del usuario, logrando un mayor equilibrio social. También es cierto que la falta de “control” y “centralidad” que implica esta tecnología, puede generar incomodidad en el sector político, porque desafía estructuras instituidas.
- La cuestión **económica** es habitualmente puesta en duda de este tipo tecnologías, dado que si bien ha reducido drásticamente su costo, la inversión inicial sigue siendo, sobre todo si se analiza un escenario de financiamiento por el propio usuario. Otro aspecto objetado por sus detractores es su “eficiencia”, que si bien ha aumentado notablemente sigue siendo en algunos casos baja.

### 1.3. La energía en la historia

La energía ha estado siempre directamente vinculada con las grandes revoluciones de la humanidad (Moragues, 2017) siendo el catalizador, dinamizador y adaptador de las diferentes formas de vida en el planeta. La utilización de las diferentes fuentes de energía ha condicionado a lo largo de la historia las actividades económicas y su impacto en el medio ambiente, y cada etapa histórica puede definirse por el uso primordial del uso de un tipo de recurso energético (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

El ser humano necesita consumir energía de forma endosomática para el desarrollo de sus funciones biológicas y exosomática, para satisfacer sus necesidades de confort y transformación.

Existe tres hitos tecnológicos que marcan la historia de la energía: el control del fuego, que posibilitó la ampliación de la superficie habitable y un mayor consumo de alimentos con la

utilización de biomasa; la energía solar para los cultivos y la energía mecánica aportada por los animales de carga para el surgimiento de la agricultura y pecuaria y la conversión de la energía térmica, en base al carbón, a mecánica que desencadenó la revolución industrial del siglo XIX (Moragues, 2017).

Es en general la revolución industrial el punto de inflexión considerado por los autores para definir los ciclos energéticos (ver Tabla 1).

El *ciclo preindustrial* se caracterizó por la utilización de la energía muscular del ser humano (principalmente a partir de la esclavitud) y animales, la energía del agua que acciona ruedas hidráulicas o molinos y energía del viento (navegación, molienda, bombeo, etc.). Predominaron las fuentes renovables y la madera es usada como combustible, que recién en la Edad Media de manera deliberada se usó como fuente de energía y calor (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

Las sociedades agrícolas obtuvieron su energía de “baterías vivientes” —potencia muscular animal y humana— o del sol, el viento y el agua. Los bosques eran talados para tener leña para preparar la comida y calentarse. Ruedas accionadas por corrientes de agua o por la fuerza de las mareas hacían girar piedras de molino. Los molinos de viento rechinaban en los campos. Los animales arrastraban el arado. Se ha calculado que, en la época, de la Revolución francesa, Europa obtenía energía de unos 14 millones de caballos y 24 millones de bueyes. Todas las sociedades de “la primera ola” explotaban, pues, fuentes renovables de energía. Incluso los animales y las personas eran “esclavos energéticos” renovables (Toffler, 1980).

El *ciclo industrial* se caracterizó por el uso de recursos no renovables. La Revolución Industrial fue una revolución energética en que la máquina de vapor remplazó las energías renovables y el carbón mineral sustituyó a la madera. Se convirtió al vapor de agua en fuerza mecánica. Los combustibles fósiles fueron la fuente energética privilegiada, así como el aprovechamiento de los hidrocarburos (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

Las principales características de la base energética de lo que Toffler denomina la “segunda ola” se apoya en la premisa de no renovabilidad; procede de depósitos altamente concentrados y agotables; descansa en tecnologías costosas y fuertemente centralizadas; y carece de diversificación, dependiendo de fuentes y métodos relativamente escasos (Toffler, 1980). Por primera vez, una civilización estaba consumiendo el capital de la Naturaleza, en vez de limitarse a vivir del interés que producía. Este bucear en las reservas energéticas de la Tierra proporcionó una oculta ayuda a la civilización industrial, acelerando en gran medida su desarrollo económico. Y desde entonces, las naciones edificaron elevadas estructuras tecnológicas y económicas, basadas en la presunción de que nunca dejarían de poder obtenerse combustibles fósiles baratos (Toffler, 1980). Tanto en las sociedades industriales capitalistas como en las comunistas, en Oriente como en Occidente, se ha operado este mismo cambio, de la energía dispersa a la concentrada, de la renovable a la no renovable, de muchas fuentes y combustibles diferentes, a unos pocos. Los combustibles fósiles formaron la base energética de toda la sociedad industrial (Toffler, 1980).

El *ciclo postindustrial* se inició cuando comenzó a adquirir relevancia el petróleo como fuente de energía, que pasó de representar el 30% del consumo mundial en 1950 al 50% en 1973 (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008). Con la electricidad se descubrió una forma de energía permanente que posibilitó su utilización industrial y doméstica (con su impacto en la calidad de vida de la población). En el siglo XX los descubrimientos sobre la constitución

de la materia y la fisión nuclear posibilitaron la aparición de la energía nuclear. A mediados de los setenta se registró una mayor preocupación social y ambiental que se reflejó en la crisis de la energía nuclear, de forma casi simultánea con la crisis del petróleo. Es éste el escenario propicio para el resurgimiento de las energías renovables.

Ciclo	Referencia temporal	Principales abastecimientos de energía
Preindustrial	Hasta fines del S. XVIII	Energía muscular y animal Madera Agua Eólica
Industrial	Desde fines del S. XVIII hasta mediados del S. XX	Carbón Mineral
Postindustrial	Desde mediados del S. XX a la actualidad	Carbón Mineral Hidrocarburos: Petróleo y Gas Nuclear Energías Renovables

Tabla 1: Principales abastecimientos de energía en los ciclos energéticos.  
Fuente: Reelaboración propia en base a (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

De forma planetaria es factible afirmar que se transita una Era que se inició en los años 70 a través de dos caminos: el energético (por causa de la crisis del petróleo) y el ambiental (por la toma de conciencia generalizada sobre los impactos ambientales de los modos de producción) (Moragues, 2017). Grupos activistas y posteriormente los gobiernos asumieron paulatinamente la idea que el uso intensivo de las energías de procedencia fósil y nuclear son las principales causas del deterioro ambiental que puede analizarse como impacto local y global (Evans, 2010).

El impacto local se evidencia en forma directa como contaminación del aire, agua y suelo y en forma indirecta en la salud humana. El impacto global genera un aumento del efecto invernadero (que produce un calentamiento del planeta con numerosos efectos negativos) y el agotamiento de recursos no renovables. Si bien la combustión de fuentes fósiles no es la única causa de emisiones de GEI, es considerada cuantitativamente la más importante (Evans, 2010).

Luego de entrar en un cono de sombra a mitad de la década del 80, por la disminución del precio del petróleo, las energías renovables volvieron a surgir, catalizadas por la toma de conciencia de los problemas de contaminación ambiental que producen los hidrocarburos (Moragues, 2017).

El desarrollo de las tecnologías desde la década del 90 hizo que el empleo de las fuentes renovables de energía, que no eran competitivas desde el punto de vista económico, ya lo sean en la actualidad (Moragues, 2017).

La sociedad, consciente de los problemas ambientales generados por el uso hegemónico de los combustibles fósiles, enfrenta el desafío de diversificar su matriz energética, regresando a las energías renovables con nuevas herramientas tecnológicas de mejora de la eficiencia en todas las acciones que se realizan en las diversas etapas del quehacer energético para optimizar su uso, partiendo de los recursos, pasando por los servicios, hasta llegar al nivel de los consumidores (Moragues, 2017).

Actualmente se produce un histórico salto tecnológico, y el nuevo sistema de producción naciente requiere de una radical restructuración de toda la cuestión de la energía. El problema de la energía no es sólo cuestión de cantidad; es un problema de estructura. No se necesita solamente una cierta cantidad de energía, sino servida de formas más variadas, en lugares diferentes (y cambiantes), en diferentes momentos del día, la noche, y el año y para finalidades insospechadas.

En la actualidad y el futuro el abastecimiento de la energía procederá de fuentes renovables y no agotables. En lugar de depender tan intensamente de tecnologías muy centralizadas, combinará la producción de energía centralizada con la descentralizada. Y en lugar de depender peligrosamente de un puñado de métodos o fuentes, adoptará una forma radicalmente diversificada (Toffler, 1980). Esta misma diversidad contribuirá a un derroche menor, al permitirnos adecuar los tipos y la calidad de la energía producida a las cada vez más dispares necesidades.

En resumen, ahora podemos ver por primera vez los bosquejos de una base energética que se apoya en principios diametralmente opuestos a los del pasado industrial, cambio que desata fuertes luchas y controversias.

Esta transición generará una puja de intereses entre los que tratan de atrincherarse en los recursos energéticos fósiles aumentando su “eficiencia” (compañías petrolíferas, servicios públicos, comisiones nucleares, corporaciones mineras y sus sindicatos asociados) y los que promueven un cambio (una combinación de prosumidores, ecologistas, científicos y empresarios de las industrias de vanguardia) que son presentados por sus detractores como ingenuos, indiferentes a las realidades económicas y deslumbrados por una tecnología fantástica (Toffler, 1980).

Peor aún, los defensores del cambio son públicamente confundidos con grupos que piden una regresión al pasado preindustrial en lugar de un avance a un sistema energético más inteligente, sostenible y dotado de una base científica. Los opositores al cambio argumentan que en su forma más extrema, este tipo de políticas eliminarían casi toda la tecnología, restringirían la movilidad, harían que las ciudades se marchitasen y muriesen e impondrían una cultura ascética en nombre de la conservación (Toffler, 1980).

Aunque los reactores nucleares, la gasificación del carbón, las plantas de licuefacción y otras tecnologías semejantes puedan parecer avanzadas o futuristas, son, en realidad, frutos de un pasado industrial atrapado en sus propias contradicciones (Toffler, 1980).

El término “Eficiencia Energética” (EE) carece de contenido si se basa exclusivamente en mejorar el rendimiento de un sistema estructuralmente equivocado (el basado en la explotación de los recursos fósiles). La mejora de la eficiencia es sostenible si se basa en el uso de la energía con principios de sustentabilidad ambiental y la diversificación de la matriz, o al menos la promueve como un cambio gradual.

Por ello se considera que es necesario anteponer el concepto de “eficacia”, en el sentido de situarse en el paradigma energético que priorice la diversificación y el uso de los recursos renovables, para luego agregarle “eficiencia”, como mecanismo de consecución de una mayor sustentabilidad ecológica, social y económica, de un nuevo sistema respetuoso con el ambiente.

### 1.3.1. Tipos de energía

La energía elemental o primaria es la que se obtiene directamente de la naturaleza y se encuentra almacenada. Tal es el caso de la energía del carbón, gas natural, nuclear, hidráulica, solar, eólica, mareomotriz y geotérmica.

La energía secundaria que supone el 95% o más de la energía consumida, es aquella que necesita de una operación de extracción y de transformación como ser la electricidad, gasolina, gasóleos, fuel, gases licuados, petróleo y carburreactores, gas manufacturado del gas natural y coque de hulla (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

En cuanto a los *recursos energéticos* es factible diferenciar dos categorías: renovables y no renovables. Los recursos renovables, son aquellos que poseen un potencial energético inagotable, como ser:

- hidráulico
- solar térmico
- solar fotovoltaico
- biomasa
- eólico
- térmico de los océanos
- mecánico de las olas
- mareomotriz
- geotérmico

Por su parte los recursos no renovables son aquellos que existen en la tierra en cantidades fijas, desde hace miles de años y son agotables, como ser:

- carbón
- petróleo
- gas natural
- uranio

Es necesario señalar que los recursos fósiles implican también la acción solar, que ha sido realizada hace millones de años y se encuentra almacenada.

La humanidad ha construido una “civilización de alta energía” fundamentada en un excesivo consumo y derroche de los recursos fósiles (carbón, petróleo y gas), para materializar lo que podría llamarse “capitalismo fosilista” (Riechmann, 2006). Esto permite inferir que se ha entrado en crisis por el hecho de haber llegado al techo de extracción del petróleo y del conjunto de los demás combustibles fósiles (Bermejo, 2011).

### 1.3.2. Energías renovables

Hasta avanzado el siglo XIX, las energías renovables cubrían la demanda energética que la sociedad requería y fueron remplazadas en la Revolución Industrial por el carbón, el petróleo y el gas natural por su mayor poder energético.

Desde entonces el consumo de energías no renovables ha marcado el desarrollo insostenible de la humanidad, con un comprobable deterioro ambiental.

Las energías renovables se convirtieron en una preocupación generalizada a nivel mundial a partir de la crisis del petróleo de 1973. Asimismo, junto con la toma de conciencia respecto al

agotamiento de los recursos energéticos tradicionales también comenzó a manifestarse la preocupación por la preservación ambiental. Por otra parte cada vez se hizo más evidente las controversias de la energía nuclear y el riesgo que entrañan los residuos que genera (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

En este contexto de preocupación generalizada se creó el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que ha ido consolidando su relevancia internacional con la realización de la “Cumbre de la Tierra” (Río de Janeiro, 1992) y la firma del Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático (1997). Desde entonces en la mayoría de los países del mundo se han impulsado programas de investigación y desarrollo de energías renovables para enfrentar el desafío que supone reemplazar el uso de petróleo y gas natural y reducir la emisión de gases efecto invernadero, y promovieron políticas de incentivo a las energías renovables y el uso racional de la energía (Garrido, Lalouf & Moreira, 2014).

El resurgimiento de las energías renovables se consolida por su bajo impacto ambiental, su perdurabilidad y su carácter autóctono, que contribuye al autoabastecimiento y la independencia energética (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

Por su importancia para el desarrollo, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al período 2014 - 2024 como la “Década de la Energía Sostenible para Todos”. Dicha iniciativa apoya las fuentes de energía renovables, como una forma de actuar para poder lograr suministrar energía eléctrica a los más pobres. Donde una de las estrategias tiene que ver con las soluciones a pequeña escala, por su flexibilidad en su instalación, lo que repercute en la producción de energía eléctrica en regiones apartadas y aisladas. Producción y suministro, el cual debe cumplir con otra condición que se puede considerar central, el de ser descentralizado, aspectos que permiten satisfacer las necesidades de la población afectada por la pobreza energética en zonas no interconectadas (Terrapon, Dienst, Carmen & Ortiz, 2014).

La gravedad de los problemas ambientales aceleró un creciente interés por el desarrollo de las energías renovables, en una confluencia de intereses (ambientales, tecnológicos, económicos, políticos y sociales), el aumento de la eficiencia y la disminución de los costos.

Las energías renovables poseen algunas características comunes. Entre las principales ventajas se observa (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008):

- Procesos de obtención o conversión energética de bajo impacto ambiental.
- Procesos tecnológicos de relativa sencillez, lo que permite un desarrollo local y regional.
- Por su origen solar son inagotables, aunque variables.
- Durante su etapa de funcionamiento no contaminan, no emiten CO<sub>2</sub> ni favorecen la lluvia ácida.
- Son competitivos para atender demanda de consumidores aislados de la red.

Poseen también desventajas como ser:

- Desigual reparto en el mundo.
- Discontinuas, por lo que la captación de energía se realiza de forma secuencial.
- Aleatorias, porque depende de condiciones meteorológicas que aún no pueden predecirse con exactitud.
- Son de menor poder energético que las energías convencionales, menos rentables y sólo responden parcialmente a la demanda.

## **Historia de las energías renovables**

Dentro de las energías renovables la *eólica* es la de empleo más antiguo, dada su importancia para la navegación a vela. También los molinos de viento, utilizados principalmente para moler granos y bombear agua de los pozos. Las primeras innovaciones tecnológicas tienen lugar en el siglo XIV con los molinos de trípode y de torre, pero en el siglo XIX comienzan a realizarse los primeros experimentos para mejorar el aprovechamiento con los llamados generadores multipala.

A comienzos del siglo XX aparecen los primeros molinos con generador eléctrico en Francia y la investigación se intensifica con la crisis del petróleo (Ázcárate Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

La *biomasa* ha sido el más utilizado por la humanidad hasta comienzos de la Revolución Industrial. La explotación de los bosques como recurso maderero ha sido utilizada de forma masiva por las sociedades preindustriales. También el uso indiscriminado del recurso ha sido causa de la deforestación del planeta. Hasta la actualidad los países más pobres satisfacen sus necesidades energéticas con la biomasa como único recurso (Ázcárate Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

La energía *geotérmica* es de reciente utilización debido a las dificultades tecnológicas que entraña extraer el calor interno de la tierra. Las tecnologías actuales hacen posible explotar yacimientos geotérmicos en profundidad, considerando las cuestiones económicas como una limitante.

La energía de los *océanos* tiene su origen en el siglo XI en los “molinos de marea” y por su parte la *energía hidráulica* se remonta a las ruedas para moler granos. En el último tercio del siglo XIX entran en funcionamiento las centrales hidroeléctricas que tienen como problema la necesidad de un salto de agua. Se trata de un tipo de energía que resulta controversial desde el punto de vista ambiental, porque en potencias muy altas significan impactos ambientales altos (inundación de áreas, relocalización de familias, etc.) por lo que es considerada sostenible la energía minihidráulica.

El aprovechamiento energético del sol es bastante reciente, dado que se ha desarrollado en la segunda mitad del siglo XX de forma directa, pero de forma indirecta ha sido la base de la mayoría de las formas de energía conocidas desde épocas inmemoriales ya que permite la fotosíntesis y a partir de allí todos los aprovechamientos posteriores.

## **Energía solar**

La intención de la humanidad de lograr una relación más armónica y sostenible con la Naturaleza depende de lograr una reconexión a la fuente de todo crecimiento en el planeta: el Sol (Braungart & Mcdonough, 2005).

El sol es inagotable y de gran calidad energética, tanto como fuente de calor como de luz y hoy es una de las alternativas energéticas más promisorias para proveer energía para el desarrollo humano (Tavares Pinho, 2014) desde una perspectiva sostenible. De forma directa o indirecta desencadena la mayoría de las demás formas de energía. Por ello reestablecer la conexión con el Sol es al mismo tiempo reconocer y mantener la interdependencia con todas las demás circunstancias ecológicas que hacen posibles los flujos naturales de la energía en el planeta (Braungart & Mcdonough, 2005).

Sin embargo, la energía solar no está exenta de inconvenientes para su aprovechamiento, por su aleatoriedad y estacionalidad (día/noche, solsticio/equinoccio), es dispersa y no puede almacenarse directamente, por lo que necesita la transformación inmediata en otra forma de energía (calor o electricidad) y para utilizarla en gran escala se necesitan instalaciones que empleen sistemas de captación (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008). Una de las características de la energía solar es su distribución de forma desigual en el planeta, lo que lo torna más adecuado para ser implementado en algunos países o regiones que en otros. Se presenta en dos formas: como energía solar térmica y fotovoltaica.

### ***Energía solar térmica***

La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor. Se presenta de dos maneras: pasiva y activa.

La energía solar térmica pasiva se relaciona de forma directa con la arquitectura, sin elementos mecánicos. Se trata del principal recurso utilizado por la Arquitectura Bioclimática (Tavares Pinho, 2014) que estudia las formas de armonizar las construcciones con el clima y las características locales, aprovechando las corrientes convectivas naturales y el microclima creado por la vegetación adecuada (Tavares Pinho, 2014).

Es el caso de las amplias superficies acristaladas para generar efecto invernadero, sistemas de aislamiento, muros Trombe o de inercia térmica, entre otros (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

También del uso de la luz solar para reducir el consumo de energía para iluminación, orientando adecuadamente los espacios, dimensionando las ventanas y regulando el calor proveniente del sol haciendo uso de las orientaciones, la forma y las aislaciones.

La energía solar térmica activa se realiza mediante colectores a baja, media y alta temperatura. Se emplea como receptores de la energía los colectores o paneles planos que permiten calentar el agua para uso sanitario. Cuenta con un colector o captador de energía, un sistema de almacenamiento y otro de distribución, y trabajan sobre fluidos (agua o aire) (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

Por su parte la Energía Térmica de Concentración utiliza la luz del sol para calentar líquidos que se usan para impulsar generadores eléctricos, mediante espejos que concentran la luz del sol. Existen varios modelos de estas plantas ubicadas en lugares lejanos y desérticos. Se trata de un modelo centralizado, por lo que no es aplicable a la arquitectura.

### ***Energía solar fotovoltaica***

Consiste en transformar directamente la energía luminosa en energía eléctrica, por medio de células solares o fotovoltaicas. En la Fig. 1 se observa la distribución heterogénea del recurso solar en el planeta.

La luz solar transporta energía en forma de fotones que al incidir sobre el silicio origina un movimiento de electrones. El efecto fotovoltaico se consigue cuando la radiación solar entra en contacto con un material semiconductor cristalino (Tavares Pinho, 2014).

Las principales tecnologías aplicadas en la producción de células y módulos fotovoltaicos son clasificadas en tres generaciones. La primera se divide en dos cadenas productivas: silicio monocristalino (m-Si) y silicio policristalino (p-Si), que representan más del 85% del mercado. Dentro de la segunda generación, comercialmente denominada de “filmes finos”, el material

que más salida comercial tiene es el silicio amorfo (a-Si) que posee menos eficiencia que la primera y tiene una modesta participación en el mercado. La tercera generación está aún en desarrollo como ser las células fotovoltaicas para concentración (CPV- Concentrated Photovoltaics), células sensibilizadas por corante (CSC – Dye-Sensitized Solar Cell) y las células orgánicas o poliméricas (OPV – Organic Photovoltaics) (Tavares Pinho, 2014).

Los sistemas de captación pueden ser estáticos o dinámicos (con seguimiento solar). Un elemento auxiliar siempre presente son los soportes de los paneles, que deben ser resistentes a las acciones atmosféricas (Ázcarete Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

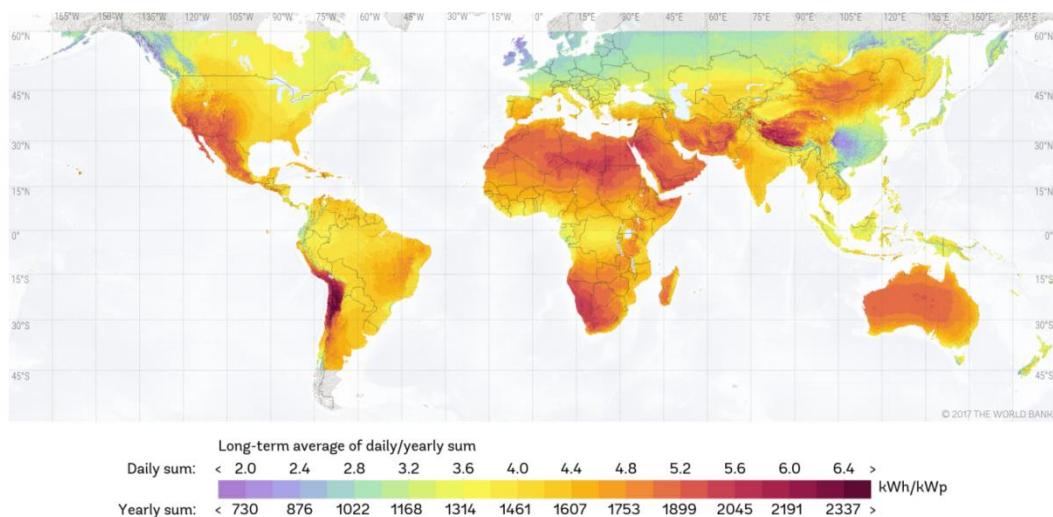


Fig. 1: Mapa de potencial fotovoltaico mundial.  
Fuente: Solar Gis para el World Bank Group.

### Generación distribuida

La generación distribuida (GD) mediante la incorporación de instalaciones fotovoltaicas en las edificaciones se contrapone a la generación concentrada de energía (que requiere de grandes superficies de terreno, generalmente lejos de los puntos de consumo) y permite “usar” a la arquitectura como sustento para la captación y generación de energía. Esto puede darse en cualquier parte de la envolvente del edificio (techo, fachada, marquesina, parasoles, superficies acristaladas, espacios semicubiertos, etc.) disminuyendo las pérdidas por distribución.

Entre sus beneficios se puede mencionar que descongestionan los sistemas de transporte de energía, retrasan la necesidad de readecuación de los sistemas de transmisión, colaboran con el suministro de energía en períodos de gran demanda y evitan costos de inversión en transmisión. También poseen aspectos negativos a tener en cuenta como ser las posibles fluctuaciones de voltaje que afectarían a los consumidores vecinos, la necesidad de adquisición de datos de consumo más complejos, un alto costo de inversión inicial y la falta de estándares normativos y de facturación para la conexión de pequeños generadores en algunas provincias de la Argentina, por ejemplo Chaco y Corrientes, lo que hasta el momento impide prácticamente su implementación.

Las fuentes de energía renovable que poseen mayor factibilidad para la GD son la energía eólica, la solar y la minihidráulica.

Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) cuya potencia instalada supera 100 kW son denominados comúnmente como sistemas de generación centralizada, mientras que los sistemas cuya capacidad de generación se encuentra por debajo de este valor se denominan de Generación Distribuida (GD).

Los beneficios desde un punto de vista tecnológico constructivo de los sistemas fotovoltaicos incorporados en edificios, siguiendo a Chivelet y Fernández Solla (2007), son:

- No producen ruido.
- No incluyen partes móviles (aunque existen sistemas con seguimiento solar).
- Son modulares y fácilmente manejables como elementos de construcción.

En un contexto mundial de escasez creciente del espacio útil, la posibilidad de usar la construcción para una función bivalente de habitación y a la vez generación de energía resulta altamente atractiva.

Desde un punto de vista global son un aporte de energía limpia (sin emisión de CO<sub>2</sub>), un medio de concientización de la familia, la comunidad y la ciudad, y una contribución de “abajo hacia arriba” en el camino que acerque a la arquitectura y el urbanismo a la sustentabilidad ambiental. La inclusión de SFV en edificios supone una forma de compromiso con las nuevas ciudades sostenible. Las edificaciones que incorporan estos sistemas aumentan su valor y prestigio, colaborando a su vez, con la concreción de ciudades, comunidades y familias ambientalmente más sostenibles y comprometidas con el cambio.

#### **1.4. Energías renovables en el mundo**

Las energías renovables 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 (REN 21, 2018).

El crecimiento ha sido sostenido en los últimos años e impulsado por la implementación de políticas de incentivos y de promoción para la generación de energía limpia. La capacidad de generación de energía renovable en el año 2017 creció un 9% en relación a 2016, con un incremento de 178 GW, dando un total de generación mundial de energía renovable de 2.195 GW (Fig. 2).

Con distintos niveles de compromiso más de 120 países aplican políticas de apoyo a las energías renovables teniendo como principal fundamento las ventajas ambientales, pero también para fortalecer el empleo, el desarrollo económico y tecnológico (REN21, 2018). Ver Fig. 3.

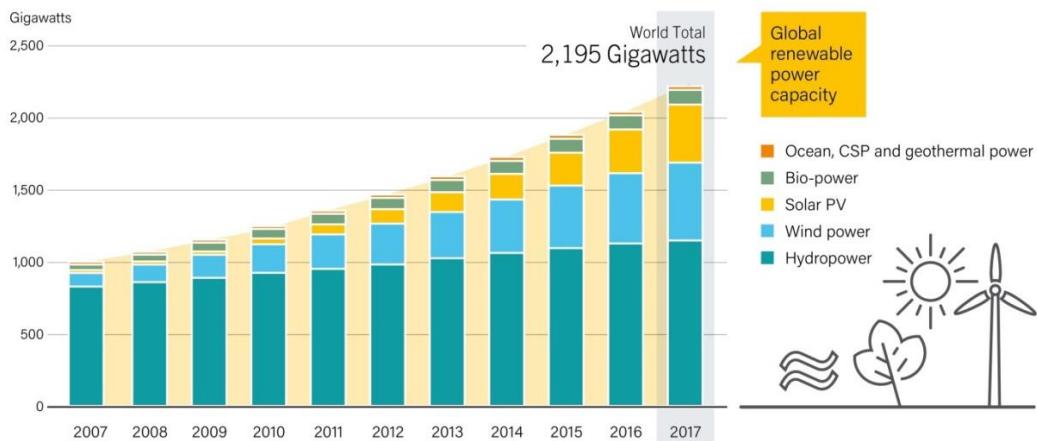


Fig. 2: Energías Renovables Mundiales período 2007 – 2017.

Fuente: (REN21, 2018)

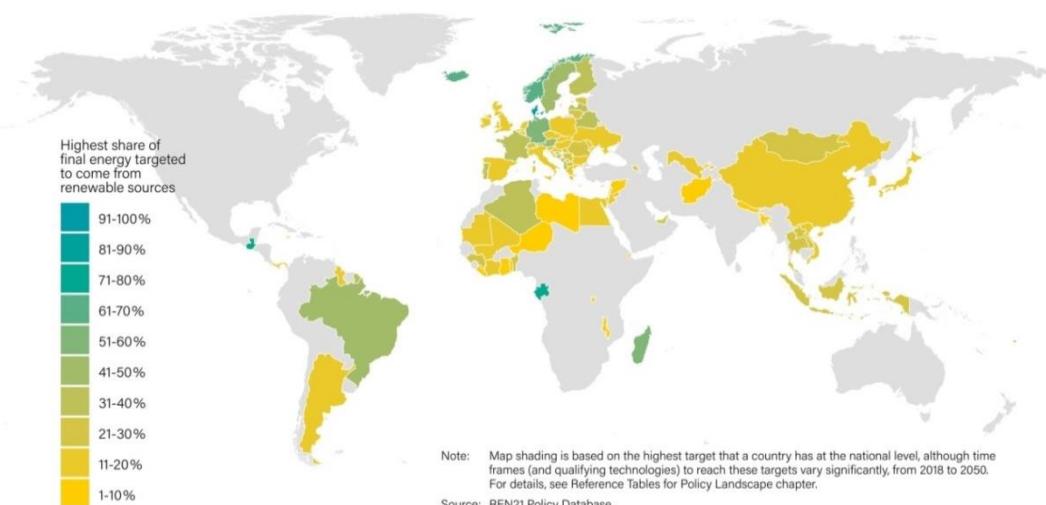


Fig. 3: Mapa de países con objetivos Nacionales de Energías Renovables 2017.

Fuente: (REN21, 2018)

El sector de mayor interés es el de la energía eléctrica con 128 países, seguida por el transporte (70 países). Ver Fig. 4.

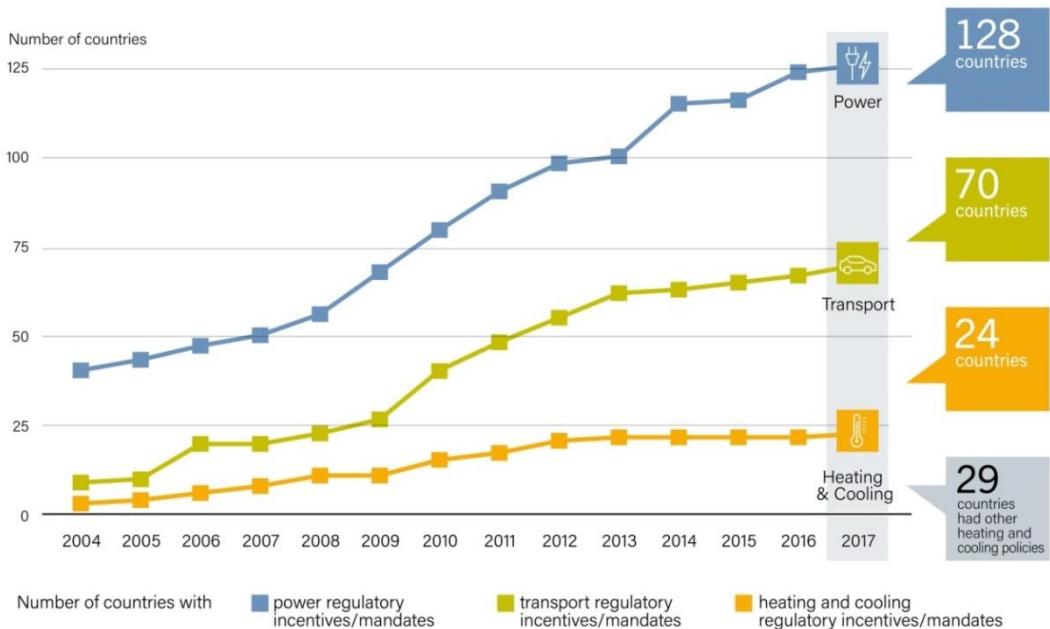


Fig. 4: Número de países con políticas de regulación de energías renovables.

Fuente: (REN21, 2018)

En el concierto internacional los países del G7, la cumbre del G20 y la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) muestran un compromiso con el desarrollo sostenible, incluyendo en sus agendas objetivos referidos a las energías sostenibles.

Los sectores empresarios y de inversionistas también declaran su interés en el sector exhortando a los gobiernos a implementar políticas que apoyen a las energías renovables.

Incluso los sectores religiosos en los últimos años expresan su preocupación por el cambio climático y el interés por lograr políticas de desarrollo más sostenibles con énfasis en la energía por ejemplo la encíclica del Papa Laudato Si" (Francisco, 2015).

El incremento de capacidad de generación de energía renovable fue récord en 2017, un 9% más que en el de 2016 con un estimado de 178 GW instalado en todo el mundo. Las energías renovables representaron aproximadamente el 70% de adiciones netas a la potencia mundial en 2017, debido en gran parte a mejoras continuas en la competitividad de los costos de la energía solar fotovoltaica y la eólica (REN21, 2018).

Aunque las energías renovables continúan ganando terreno a nivel mundial, el progreso es desigual entre los sectores y regiones. En muchos países en desarrollo, particularmente en el África subsahariana, las tasas de acceso de energía se mantienen bajas, mientras que se observa una mejora constante en Asia.

Desde el punto de vista del equilibrio territorial y la inclusión social resulta alarmante que, de acuerdo a datos de 2016, aproximadamente 1,06 billones en todo el mundo viven sin electricidad. También es necesario reconocer que, a pesar de la rápida expansión de la capacidad de energía renovable y la producción, particularmente de solar fotovoltaica y energía eólica, los combustibles fósiles continúan conformando la mayoría del consumo mundial total de energía final (REN21, 2018).

### 1.4.1. Situación mundial de la Energía Solar Fotovoltaica

A nivel mundial el sector FV posee un ritmo de crecimiento mayor que el resto de las energías renovables. En 2017 la energía solar FV incrementó su capacidad a mayor ritmo que cualquier otro tipo de generación de energía, superando incluso al crecimiento de la energía de origen fósil sumada a la nuclear.

El aumento más significativo ha sido en Asia con un 75% del incremento global. A nivel mundial, la expansión del mercado fue debido en gran parte a la creciente competitividad de la energía solar fotovoltaica combinada con la creciente demanda de electricidad en los países en desarrollo, y el aumento de la conciencia del potencial de energía solar fotovoltaica para aliviar la contaminación, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y proporcionar acceso a la energía.

La tasa de crecimiento de la energía solar fotovoltaica para el período interanual 2016 – 2017 fue del 32%, ubicándose muy por encima de los demás tipos. En términos prácticos esto equivale a una instalación estimada de 40.000 paneles por hora.

En una década la capacidad mundial FV se incrementó 6 veces pasando de 6 Gigawatts en 2007 a 402 Gigawatts en 2017, como se observa en la Fig. 5. Este crecimiento, se fundamenta sobre todo en las mejoras tecnológicas que ocasionaron una importante disminución en los costos de los módulos Fotovoltaicos, así como del resto del sistema (IRENA, 2015).

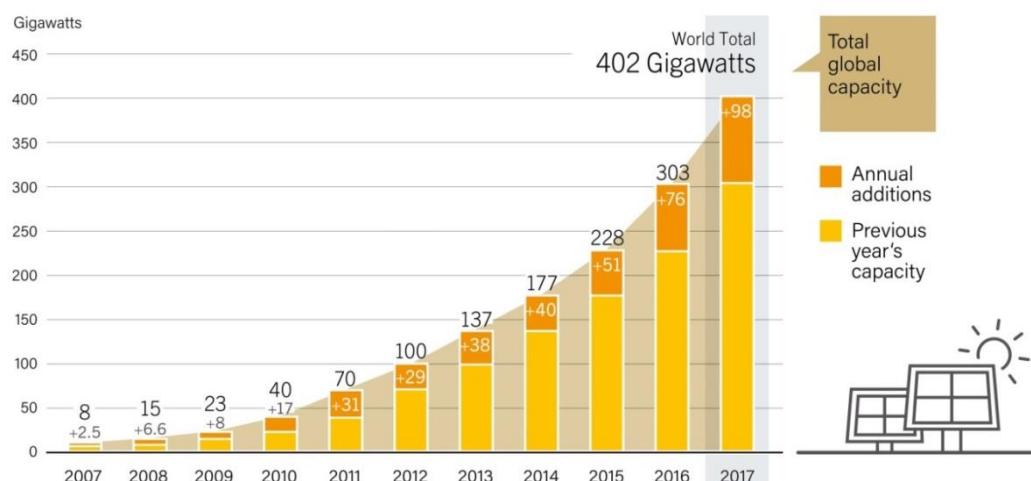


Fig. 5: Generación Solar FV en el período 2007 – 2017 y crecimiento anual.

Fuente: (REN21, 2018)

Además de su reconocida faceta ambiental, la utilización de tecnología fotovoltaica para la generación de energía eléctrica se ha vuelto competitiva desde el punto de vista económico y técnico para países desarrollados y paulatinamente para países no desarrollados, siendo estos últimos los casos de mayor interés desde el punto de vista del mercado.

La generación de energía solar FV está liderada en términos absolutos por China, Estados Unidos, Japón, Alemania e Italia. En la Fig. 6 puede observarse la generación bruta de los diez principales países, y el crecimiento interanual. En ambos casos es China el líder mundial (generación y crecimiento interanual).

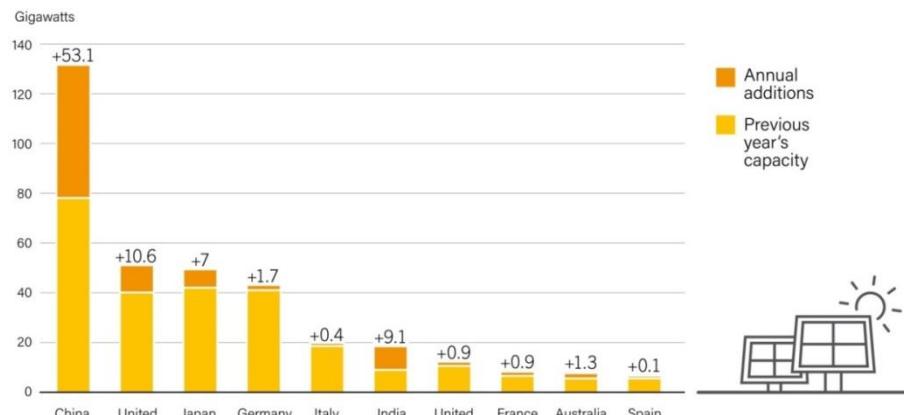


Fig. 6: Capacidad de Generación Solar FV de los 10 países líderes en 2017.  
Fuente: Fuente: (REN21, 2018)

Un aspecto importante de la energía fotovoltaica es su alto impacto en el mercado laboral. En la Fig. 7 puede observarse que la energía solar es la que mayor número de puestos de trabajo insume con un estimado de 4,2 millones. Lo sigue la bioenergía con un estimado de 3 millones. En suma, el total de puestos de trabajo en energía renovable es de 10,3 millones y ha tenido un incremento interanual positivo (2016 – 2017) de 1,5 millones.

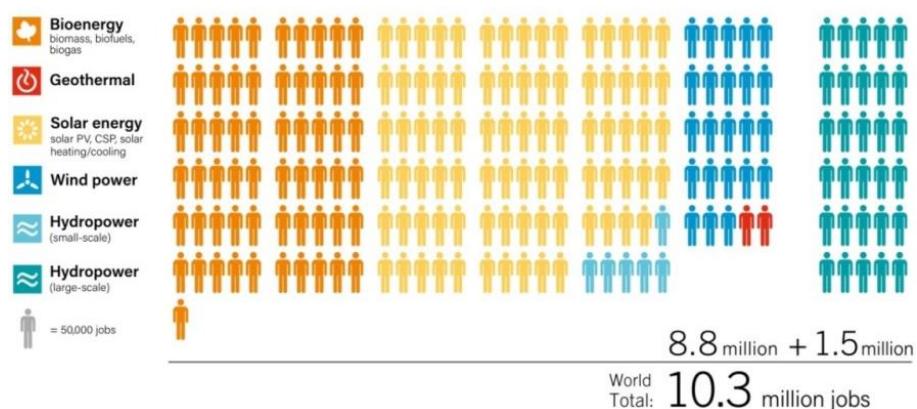


Fig. 7: Puestos de trabajo en energías renovables.  
Fuente: REN21, 2018.

#### 1.4.2. Situación mundial de la generación distribuida

La generación mundial de electricidad sigue dominada por las instalaciones a gran escala. Sin embargo, se observa un creciente interés por la generación distribuida en países como Kenia, Uganda y Tanzania en África; China, India y Nepal en Asia; Brasil y Guyana en América Latina.

Los países desarrollados y regiones, incluyendo Australia, Europa, Japón y América del Norte han experimentado un crecimiento significativo en números de clientes de electricidad residencial e industrial que producen su propia energía.

Las regiones que lideran el crecimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red en el mundo incluyen a los países desarrollados que han empleado algún tipo de política o programa de incentivos, subsidios o créditos fiscales, como la Comunidad Europea, Estados Unidos de América y Japón entre otros. Estas iniciativas propiciaron la inclusión de las tecnologías renovables dentro de la matriz energética y, a través de su desarrollo, una disminución en los costos de la tecnología empleada.

Este efecto se ha acentuado en los últimos años, y se puede verificar que, en promedio, el costo de los módulos fotovoltaicos en 2011 experimentó un descenso de casi el 50% en comparación con la cifra correspondiente a 2010, y del 20% del 2009 a este último año (Revista Photon, 6/2012). Esta continua caída de costos, aumentos en la tarifa de la energía convencional y tarifas preferenciales (denominadas *Feed-in-tariffs*<sup>3</sup>, que estipula un mayor valor de compra de la energía fotovoltaica que la energía de fuentes convencionales), ha cambiado antiguas ideas de su inviabilidad económica, propiciando el equilibrio entre los valores encontrados en las tarifas convencionales de venta de energía y los de generación fotovoltaica (paridad energética).

## 1.5. Situación en Latinoamérica

En Latinoamérica la política de subsidios a la generación fotovoltaica fue dirigida al abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, y es la actividad que se ha desarrollado con más intensidad (Bello, Busso, Vera, & Cadena, 2010), mientras que la opción de sistemas conectados a la red se iniciaron a principios del 2000. En la actualidad se está viviendo una nueva etapa de la energía solar fotovoltaica en América Latina, observándose un mayor compromiso del poder político. En este contexto, se pueden mencionar a Brasil y México como los países que, en el año 2000, comenzaron a mostrar su interés en los SFCR a través de instalaciones pilotos en entornos académicos.

Actualmente, ambos países ya poseen una legislación que permite la instalación de SFCR de diferentes potencias a través de la modalidad de Balance Neto (*Net Metering*), metodología también implementada por Uruguay, Panamá, Chile y República Dominicana, entre otros.

De esta forma, la situación actual presenta a los principales países de América Latina con alguna reglamentación y capacidades FV instaladas, es decir, se está transitando el nacimiento de la generación fotovoltaica conectada a la red en estos países donde la incidencia de radiación solar es superior a la de los países que lideran el mercado.

América Latina y el Caribe representan una pequeña parte de la demanda global, pero los mercados se están expandiendo rápidamente y grandes compañías poseen altas expectativas de negocios. Hacia finales de 2017 se generaron nuevas licitaciones de

---

<sup>3</sup> Las tarifas preferenciales (*feed-in-tariffs*) se pagan a los pequeños generadores para que puedan recuperar la inversión inicial, preferiblemente, en un período corto de tiempo (comúnmente entre 5 y 8 años). Las *feed-in-tariffs* incentivan cuando no existe la paridad de red o, en otras palabras, cuando cuesta menos consumir energía de la red que generar la propia con un sistema pequeño.

infraestructura en Argentina, Brasil, Chile y México, sobre todo en lo que respecta a instalaciones a gran escala (REN21, 2018).

La generación solar fotovoltaica distribuida ha experimentado un importante crecimiento en Brasil y en México, donde el incremento de los costos de la electricidad y el sistema tarifario proporcionan un incentivo para la energía FV.

Brasil se convirtió en el segundo país de la región (después de Chile) en sobrepasar 1 GW de capacidad instalada de FV, añadiendo en un año 0,9 GW, para un total de 1,1 GW. De esta manera Brasil pasa a ubicarse 10° en el ranking de incremento de la capacidad FV a nivel mundial (REN21, 2018).

Chile mantiene su liderazgo en la región, sumando casi 0,7 GW en 2017 con un total de 1,7 GW. También en 2017, Colombia licitó su primer parque solar (9,8 MW) en el sitio de una antigua planta de energía con carbón; el país se está convirtiendo a la energía solar para diversificar su mezcla de electricidad, que es pesadamente dependiente de la energía hidroeléctrica.

Un caso particular lo representa Uruguay, que con una población reducida, posee altos porcentajes de aporte de energía renovable en su matriz de abastecimiento y por primera vez en 2017 la generación eléctrica de origen solar fotovoltaico superó a la electricidad generada a partir de combustibles fósiles; consolidándose de esta manera el desarrollo que está presentando la energía solar en el país, que en el último año triplicó prácticamente su potencia instalada para generación (BEN, 2018). Un aspecto a resaltar del Balance Energético Nacional de Uruguay (BEN) es que en el 2017 el 49% de la electricidad consumida por el sector industrial fue generada a partir de autoproducción; es decir, los propios establecimientos industriales generaron prácticamente la mitad de la electricidad que consumieron (BEN, 2018).

Es justamente Uruguay el país pionero en Latinoamérica en regular la generación distribuida que promulgó su normativa sobre generación distribuida a través del Decreto 173/2010 autorizando a los usuarios de la red de energía eléctrica de Baja tensión a instalar generadores de origen renovable. Esta normativa equipara la tarifa de venta de energía a la red a la tarifa residencial de la franja de consumo 101-600 kWh/mes (0,22 USD/kWh). Es decir que se trata de un sistema tarifario de Balance Neto.

Ecuador mediante Regulación CONELEC N° 004/11 estableció los requisitos, precios, período de vigencia y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables. Brasil través de la Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mediante Resolución Normativa N° 482/2012 estableció las condiciones para el acceso de micro (< 100 kW) y mini (< 1 MW) generadores distribuidos a los sistemas de distribución de energía eléctrica. Chile mediante la Ley 20571/2012 ha regulado el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.

## 1.6. Situación energética en Argentina

La matriz energética Argentina en la actualidad se basa preponderantemente en la energía térmica (casi un 65%) y la hidráulica de grandes proyectos (aproximadamente el 30%). El aporte de la energía nuclear no alcanza el 5% cubriendose el resto con energía solar y eólica

(consideradas de forma integral por este organismo) y la importación de energía (que paradójicamente presenta un porcentaje más alto que el aporte de las energías renovables). Ver Tabla 2.

En 2011 por primera vez se observa la inyección de energía de tipo eólico y solar, que tuvo un incremento fuerte al año 2012, para luego desacelerar el incremento en la generación en los años subsiguientes. Ver Tabla 3.

Según Villalonga la matriz energética nacional posee una alta dependencia en los combustibles fósiles, básicamente petróleo y gas, lo que representa un gran desafío para los próximos años, ya se deberá hacer frente a un cambio de fuentes energéticas frente al declive pronunciado de las actuales reservas fósiles y a la necesidad de reducir, durante las próximas décadas, las emisiones de GEI. A partir del año 2010 la Argentina enfrenta un cambio de escenario en el que ha perdido autonomía dado que la importación de combustibles fósiles supera al de las exportaciones (Villalonga, 2013).

Tipo de energía (2017)	GWh	%
Térmica	88.838	64,75
Hidráulica	41.280	30,09
Nuclear	5.716	4,17
Importación	734	0,53
Eólico + solar	632	0,46
<b>Total</b>	<b>137.200</b>	<b>100,00</b>

Tabla 2: Porcentaje de aporte de los distintos tipos de energía en la matriz nacional año 2017.

Fuente: Reelaboración propia en base a CAMMESA 2018

(GWh)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Térmica	66.465	73.573	82.495	82.953	83.265	86.625	90.349	88.838
Hidráulica	40.226	39.339	36.626	40.330	40.663	41.464	38.012	41.280
Nuclear	6.692	5.892	5.904	5.732	5.258	6.519	4.677	5.716
Importación	2.351	2.412	423	342	1.390	1.655	1.470	734
Eólico + solar	0	16	356	462	629	608	561	632
<b>Total</b>	<b>115.734</b>	<b>121.232</b>	<b>125.804</b>	<b>129.819</b>	<b>131.205</b>	<b>136.871</b>	<b>134.508</b>	<b>137.200</b>

Tabla 3: Generación energética Argentina (2010 – 2017)

Fuente: Reelaboración propia en base a CAMMESA 2018

### 1.6.1. Consumos Eléctricos en Argentina

El consumo residencial es el de mayor peso, en el año 2017 representó el 42% del total, siguiendo la incidencia general de los años anteriores (el año 2008 es el más bajo de la serie, con una incidencia del 37% y el 2016 el más alto con un 43%). En la Tabla 4 puede observarse el consumo anual por tipo de usuario en la Argentina expresado en GWh.

En el año 2017 (ver Tabla 5) la demanda de energía eléctrica presentó un decrecimiento de alrededor del -0,5% a diferencia del año 2016 donde se había registrado un aumento de la demanda. Se puede observar una baja en el consumo tanto en el sector residencial como en el total del consumo de todos los tipos de usuarios.

Parte del comportamiento de la demanda puede explicarse por la demanda residencial, que presentó una caída del -2,1% debido a que el año 2017 fue un año cálido con temperaturas no tan extremas en invierno, pero con uno de los mayores registros de cantidad de días “calurosos” (CAMMESA, 2018). En contraposición los grandes usuarios industriales y comerciales que tuvieron una suba del 2,0%.

<b>GWh</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Residencial	39.114	40.122	42.881	44.879	47.722	50.381	51.444	55.424	57.067	55.889
Consumo intermedio	31.387	32.361	33.755	35.655	37.696	36.453	35.995	37.351	38.541	38.291
Gran demanda	35.476	32.174	34.140	35.973	35.809	38.405	39.028	39.334	37.503	38.255
<b>TOTAL</b>	<b>105.977</b>	<b>104.657</b>	<b>110.776</b>	<b>116.507</b>	<b>121.227</b>	<b>125.239</b>	<b>126.467</b>	<b>132.109</b>	<b>133.111</b>	<b>132.435</b>

Tabla 4: Consumo Anual en Argentina por tipo de Usuario.  
Fuente: CAMMESA 2018.

<b>%</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Residencial	4,8%	2,6%	6,9%	4,7%	6,3%	5,6%	2,1%	7,7%	3,0%	-2,1%
Consumo intermedio	4,4%	3,1%	4,3%	5,6%	5,7%	-3,3%	-1,3%	3,8%	3,2%	-0,6%
Gran demanda	-0,3%	-9,3%	6,1%	5,4%	-0,5%	7,2%	1,6%	0,8%	-4,7%	2,0%
<b>TOTAL</b>	<b>2,9%</b>	<b>-1,2%</b>	<b>5,8%</b>	<b>5,2%</b>	<b>4,1%</b>	<b>3,3%</b>	<b>1,0%</b>	<b>4,5%</b>	<b>0,8%</b>	<b>-0,5%</b>

Tabla 5: Variación interanual de consumo por tipo de usuario.  
Fuente: CAMMESA 2018.

El precio monómico de energía se calcula como el cociente entre el ingreso total por concepto de venta de energía y potencia a los clientes libres y la energía total vendida por las empresas generadoras a estos mismos clientes. Por tanto la unidad de medida que se obtiene es \$/KWh o \$/MWh.

A nivel nacional entre el 2013 y el 2015, el aumento en el Precio Monómico Medio era cubierto, en cada año, por una proporción creciente de subsidios nacionales, y decreciente por los usuarios finales. A partir de 2016, si bien en términos absolutos o nominales, los subsidios aumentaron de \$ 558 (2015) a \$ 773 (2016), en términos relativos disminuyeron y el usuario final pasó a cubrir un mayor porcentaje. Del 2015 al 2016, los subsidios redujeron su participación del 85% al 72% del total en la estructura de costos, y los usuarios finales pasaron a cubrir en el 2016 el 28% del costo, en contracara del 15% que cubría en el 2015 (Serrani, 2018).

Por la Resolución N° 06/16 del MINEM el impacto resultó aún más notorio: el usuario final pasó a cubrir el 47% del precio monómico medio y los subsidios se redujeron al 53%. La tabla de reducciones graduales de subsidios, según informes oficiales del MINEM proyectan que en el 2019 el usuario final cubrirá el 90% del costo de la generación de la energía que consume mientras que el Estado cubrirá el restante 10% (Serrani, 2018). Esta situación genera una alta conflictividad social, pero el sinceramiento de la tarifa favorece a la adopción de las energías renovables, que paulatinamente resultan más competitivas desde el punto de vista económico.

En la Fig. 8 puede observarse la evolución gráfica del precio monómico representativo de costo total de operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) que alcanzó un valor medio del orden de los 1.173 \$/MWh, frente a los 1.055 \$/MWh del año anterior (CAMMESA, 2018).

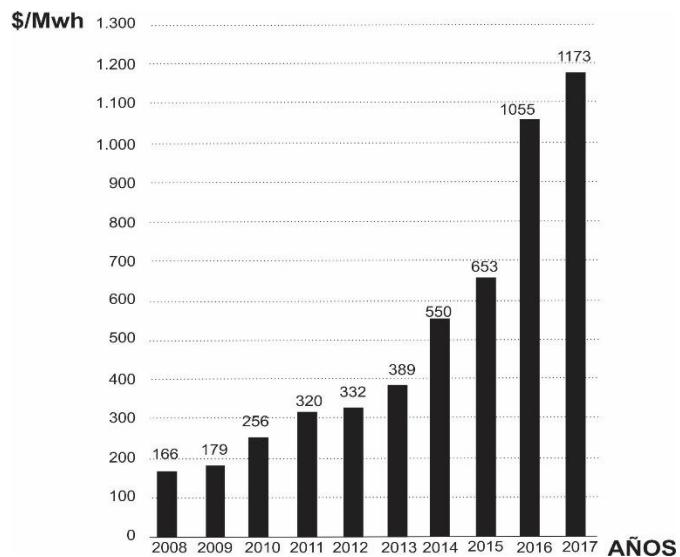


Fig. 8: Evolución del Precio Monómico Anual en la Argentina.  
Fuente: Reelaboración propia en base a CAMMESA 2018.

Como resumen de las variables económicas más relevantes del año, se destaca la diferencia entre precio monómico en el 2017, comparado con el 2016 se debió a:

- Aumento de sobrecostos de despacho principalmente por incremento del valor de la tasa de cambio.
- Aumento de los costos de contratos MEM por el ingreso de nuevos contratos, remuneración y variación de la tasa de cambio.
- Actualización de la remuneración de los generadores de acuerdo a la Resolución SEE N° 19/2017 (CAMMESA, 2018).

En lo que respecta a la demanda estacional, en febrero de 2017 entró en vigencia la Resolución MEyM N° 20/2017, que modificó los precios estacionales y estableció nuevas categorías de usuarios. Por lo tanto, el precio monómico estacional anual representativo fue del orden de 572,2 \$/MWh frente a los 312,9 \$/MWh vigentes hasta enero de 2017. De la misma forma que en años anteriores los pagos de los demandantes no alcanzaron a nivelar los costos reales, que fueron cubiertos por aportes del tesoro nacional (CAMMESA, 2018).

### 1.6.2. Energías renovables en Argentina

Las energías renovables en Argentina fueron desarrollándose en consonancia con la tendencia internacional, pero siempre con un retardo.

En la década del 70 y 80, la crisis del petróleo llevó a que se impulsaran programas de energías renovables y de uso racional y eficiente de la energía (UREE), tanto a nivel de ciencia y técnica como de política-institucional. En el año 1974 se creó la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES), formada por grupos de investigación y desarrollo iniciados en la temática de energía solar, distribuidos en diferentes lugares del país, a fin de unir fuerzas y coordinar las tareas que implementaban de adaptación de las distintas tecnologías de aprovechamiento de esta fuente de energía a las condiciones locales. En el año 1997 amplió su campo de acción, tomando el nombre actual de Asociación Argentina de Energía Renovables y Ambiente (Moragues, 2017).

En el ámbito gubernamental una de las principales acciones fue la creación del “Programa Nacional de Investigaciones en Energía no Convencional”, promovido por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación, a partir del año 1978 y hasta 1992

En el año 1981, se creó la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía en el ámbito de la Secretaría de Energía de la Nación, hasta su disolución al final de la década del 80. La primera disposición legal referida a estas acciones fue el Decreto 2247/85, con una duración de cinco años durante el período 1985-1989, el cual asignaba recursos económicos específicos para la promoción de las actividades de energías renovables y UREE. Se crearon Centros Regionales por convenios con las provincias y/o universidades locales donde había grupos de investigación y desarrollo con experiencia en cada fuente en Salta, Chubut, Neuquén y Misiones.

Un proyecto paradigmático fue el uso de la caña de azúcar entre 1979 y 1989 en el “Programa Nacional de Alconafita”.

En la década del 90 la Subsecretaría de Energía Eléctrica puso en marcha el Programa de Abastecimiento Eléctrico a la Población Rural Dispersa de Argentina (PAEPRA). La Secretaría de Energía solicitó y obtuvo un préstamo del Banco Mundial para la financiación parcial del PAEPRA. El proyecto presentado al Banco, denominado Proyecto Energías Renovables en Mercado Rurales (PERMER), programa de gran impacto social para el sector rural que aún sigue vigente.

En 1997 la Universidad Nacional de Salta creó la Maestría y Especialidad en Energías Renovables y, en 1998, el Doctorado en Ciencias – Área Energía Renovables, ambos aprobados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CoNEAU).

En noviembre de 1998 el Congreso de la Nación sancionó la ley 25.019, denominada “Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar”, a través de la cual se declaraba de interés nacional la generación de energía eléctrica con estas fuentes en todo el territorio argentino, estableciendo incentivos impositivos a toda actividad de generación que estuviera destinada a la prestación de servicios públicos. Cabe mencionar que en ese momento los costos de los sistemas solares para la generación de electricidad eran muy elevados por lo que sólo se instalaron sistemas eólicos. Al salirse de la convertibilidad, en el año 2001, no se continuaron las instalaciones salvo algunos casos aislados.

Asimismo, se sancionó en el año 2006 la Ley 26.093 (reglamentada por el Decreto 109/2007) de “Regulación, promoción, producción y uso sostenible de Biocombustibles (bioetanol, biodiesel y biogás)”, que estableció la mezcla de gasoil o diesel oil con “biodiesel” (por la Resolución Nº 1125/2013) y la de nafta con “bioetanol” (por Decreto 543/16).

En el año 2006 se creó la Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER), entidad sin fines de lucro que nuclea a empresas del sector de las energías renovables. La Universidad Tecnológica Nacional creó en 2010 la Maestría en Energías Renovables, dependiente de la Subsecretaría de Posgrado del Rectorado de dicha institución (Moragues, 2017).

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) presentó en el año 2011 el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva – Argentina Innovadora 2020. El mismo define 36 “Núcleos Socio-Productivos Estratégicos” destinados al fomento de innovaciones tecnológicas en seis sectores socioeconómicos. Uno de los sectores corresponde a Energía y dentro del mismo se localizan núcleos “Aprovechamiento de Energía Solar”, “Alternativas de Cultivos Energéticos y Procesos para la Producción de

Biocombustibles de Segunda Generación”, “Generación Distribuida de Electricidad” y “Uso Racional y Eficiente de la Energía” el cual comprende también el almacenamiento de energía y otras energías renovables. Desde 2010 a la fecha, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), ha realizado cinco convocatorias mediante el instrumento Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial (FITS): Energía Solar 2010, Biocombustibles 2012, Biomasa 2012, Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia 2013, y Uso Racional y Eficiente de la Energía 2013 (Moragues, 2017).

En el año 2012 fue creado PROBIOMASA S.A., proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa, que no incluye los biocombustibles, conformado actualmente por el Ministerio de Energía y Minería y el Ministerio de Agroindustria, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

En la actualidad, de acuerdo a CAMMESA las energías renovables (específicamente solar y eólica) han iniciado su aporte a la matriz energética nacional recién en el año 2011. A partir de allí el aumento en la generación tuvo un crecimiento sostenido hasta el 2015. En los años 2015 y 2016 sufrió una baja absoluta (de 629 a 561 GWh) y porcentual (de 0,48% en 2014 a 0,41% en 2016 de aporte a la matriz total). Ver Tabla 6.

	2013	2014	2015	2016	2017			
	(GWh)	%	(GWh)	%	(GWh)	%	(GWh)	%
Térmica	82.953	63,40	83.265	63,46	86.625	63,29	90.349	65,44
Hidráulica	40.330	30,90	40.663	30,99	41.464	30,29	38.012	27,53
Nuclear	5.732	4,00	5.258	4,01	6.519	4,76	7.677	5,56
Importación	342	1,06	1.390	1,06	1.655	1,21	1.470	1,06
Eólico+Solar	462	0,48	629	0,48	608	0,44	561	0,41
<b>Total</b>	<b>12.9819</b>		<b>131.205</b>		<b>136.871</b>		<b>138.069</b>	
								<b>137.200</b>

Tabla 6: Evolución de Balances Anuales de Generación de Energía Eléctrica de Argentina  
Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA (2018) disponible en [www.cammesa.com](http://www.cammesa.com)

Esa tendencia a la baja se revirtió levemente en el año 2017, pero manteniéndose siempre en valores de alrededor del 0,46 % de aporte.

Argentina se caracterizó a lo largo de toda su historia, por una marcada preponderancia de combustibles fósiles (no renovables, contaminantes) como fuente primaria de generación de energía, y a pesar de los reiterados intentos por modificar esta realidad, aún no puede lograrse la diversificación necesaria para sortear la dependencia de combustibles fósiles que caracteriza al sistema. Además, considerando que solamente 10 empresas (8 de capital extranjero) controlan el mercado de hidrocarburos, la soberanía energética como recurso estratégico para el desarrollo queda estrictamente condicionada por decisiones oligopólicas de mercado, y en definitiva no sólo influyen, si no también condicionan el precio de la electricidad (Serrani, 2018).

### 1.6.3. Energía Solar Fotovoltaica en Argentina

La República Argentina cuenta con abundante recurso solar. En la Fig. 9 se observan las zonas geográficas de la Argentina con mayor potencial de energía fotovoltaico que son el

Noroeste seguido de Cuyo. El resto del país posee regular potencial. En esta fuente de información (Solargis) no existen datos de la Patagonia y el Sur del país.



Fig. 9: Recurso solar de la Argentina.  
Fuente: (Solargis, 2017)

La energía solar Fotovoltaica reconoce en el territorio nacional dos situaciones distintas. Por un lado, existe cierta capacidad y experiencia en sistemas autónomos, situación que contrasta con la aplicación casi nula de los sistemas conectados a red.

### Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

La Argentina cuenta con una población rural con gran dispersión de los pobladores y un alto porcentaje sin acceso a la energía eléctrica convencional esto resulta una condición propicia para el uso de sistemas individuales de generación eléctrica utilizando tecnología FV. Esto ha propiciado la implementación de una política de subsidios y programas, principalmente dirigida al abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, de electrificación rural mediante Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA). Siendo la actividad que se ha desarrollado con más intensidad en los últimos años (Bello, Busso, Vera, & Cadena, 2010). Programas que se han visto beneficiados por la importante disminución de precios de los sistemas y políticas de inclusión social.

En Argentina a través del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), numerosas provincias se beneficiaron con instalaciones fotovoltaicas para escuelas, centros comunitarios, puestos sanitarios y viviendas. Los SFA en viviendas ascienden a 23.456, 1.894 escuelas y 361 servicios públicos. Instalaciones que suman,

aproximadamente, una potencia instalada de 4 MWp (valor calculado utilizando datos de las potencias medias instaladas en viviendas, escuelas y otros).

De esta manera, se acumularon muchos años de experiencias en la implementación de SFA, y se realizó la transferencia de la tecnología hacia los pobladores rurales que se han apropiado de la misma, asumiendo un rol activo en la gestión de la energía considerada como un bien preciado.

Así en general han adquirido capacidad para distinguir calidades, problemas, ventajas, implementando modelos de gerenciamiento de cargas y descargas para aumentar la autonomía del sistema, así como nociones básicas de instalación y mantenimiento. Es decir, los SFA se han evolucionado en una herramienta cotidiana de inclusión de estas comunidades (Bello, Busso, Vera & Cadena, 2010).

De acuerdo a los resultados definitivos del Censo 2010 (INDEC, 2010) publicados por el INDEC sobre 267.843 hogares relevados en Corrientes, más de 10 mil no cuentan con suministro de energía eléctrica. La cifra representa el 4% del total provincial. La provincia de Corrientes presenta el menor índice de población sin servicio energético del NEA, ya que Misiones, Chaco y Formosa tienen porcentajes superiores. Es decir, solo en la región NEA de Argentina existen 52.000 hogares sin acceso a energía eléctrica.

La situación presentada ha llevado a que en el año 2016 se reactive el PERMER con el objetivo de responder a la demanda de electrificación rural para favorecer el acceso universal a la energía. Las últimas 2 (dos) licitaciones realizadas por el PERMER para instalar SFA van a permitir el acceso a energía eléctrica a 13.700 viviendas rurales de 11 provincias de Argentina. La considerable experiencia de la población rural argentina en el uso de la energía FV contrasta con la prácticamente nula de la población urbana, por ello el ciudadano promedio no ha tomado conciencia real de sus características, capacidades, ventajas y desventajas.

### **Sistemas Conectados a Red**

Como se señaló anteriormente otra forma de usar la energía FV es a través de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red eléctrica existente. Este tipo de mecanismo que resulta propicio para usarse en áreas urbanas, donde vive el mayor porcentaje de la población, se produce la mayor demanda y se exigen las infraestructuras existentes, no ha tenido aun un desarrollo acorde con sus potencialidades.

La mayor experiencia se da en los ambientes rurales a pesar que el 92% de la población argentina habita en ambientes urbanos (Banco Mundial, 2018). Es justamente la población urbana la que aún no ha asimilado a la tecnología FV como una opción viable, tal vez porque no ha tenido la oportunidad de un contacto directo con ella (Pilar, Vera & Roibón, 2018). En general la población urbana no tiene una conciencia profunda de la importancia de la energía, asumiendo un rol pasivo que solo se ve alterado frente a aumentos en las tarifas o cortes del servicio por exceso de consumo o desperfectos técnicos.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es que, a pesar del aumento de la tarifa a partir del año 2016, su valor sigue estando por debajo de los reales por la persistencia de los subsidios, lo que genera una distorsión en la economía energética.

Grupos de investigación y universidades han implementado planes y conseguido financiación o subsidios gubernamentales para la instalación de SFCR con el fin de su estudio y difusión (Eyras & Duran, 2013) pero, estas acciones, no han llegado aun suficientemente a la comunidad. Se observa que la mayoría de los usuarios domiciliarios aún no considera la energía FV como una de las posibles tecnologías a implementar. Integrar la captación de energía solar en los entornos urbanos genera menor impacto, dado que no requiere más espacios y es factible utilizar la red existente. Pero para ello resulta necesario una adecuada planificación y un trabajo profundo de concientización de distintos actores desde los políticos, las empresas prestadoras de servicios, los usuarios y vecinos, los profesionales, entre otros.

### 1.6.3. Normativa Nacional

En el contexto nacional la ley marco es la 24.065 (1991), que regula el régimen de energía eléctrica, en materia de abastecimiento, transporte y distribución. En especial en su artículo 6º establece que los generadores pueden negociar libremente la venta de energía a distribuidores y grandes usuarios.

El primer régimen de promoción para las energías renovables fue puesto en vigencia en 1999, y estuvo básicamente centrado en el pago de una remuneración adicional de un centavo por kWh para la generación eólica y solar (Villalonga, 2013). Rápidamente ese régimen quedó desactualizado producto de la crisis económica y posterior devaluación de 2001/2002.

Otro antecedente importante referido al uso racional y la eficiencia energética lo representa el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) aprobado por Decreto N° 140/07 y la ley de Prohibición Lámparas Incandescentes (Ley N° 26.473). Esta iniciativa tuvo los siguientes ejes de trabajo:

- Normalización, etiquetado y estándares de eficiencia energética.
- Fondo argentino de eficiencia energética como instrumento financiero.
- Alumbrado Público: Proyectos aprobados en 199 municipios por un total de 590.132 luminarias a marzo de 2014. Ahorro promedio de energía de los proyectos 35%.
- Eficiencia energética sector industrial: Desarrollo de diagnósticos energéticos en industrias PYMES.
- Eficiencia energética en el sector residencial: plan de recambio de equipamiento doméstico.
- Eficiencia energética en iluminación residencial: plan canje de luminarias.
- Redes inteligentes: programa piloto de automatización de la red de distribución (1.000 puntos de medición inteligente) y la inserción de micro-generación renovable y programas de gestión de demanda y eficiencia energética en el área del proyecto.
- Difusión y capacitación en la temática de eficiencia energética.

Otro antecedente de programa enfocado a la implementación de energías renovables, pero en el ámbito rural ha sido PERMER orientado al acceso a electricidad de origen renovable en zonas aisladas rurales analizado en la página 39.

En el año 2004, la Secretaría de Energía adoptó la meta del 8% de participación de fuentes renovables en la matriz de generación eléctrica nacional. Esta meta fue apadrinada por la ley 26.190 (2006) que legisla el Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Esta ley (que ha sido reglamentada mediante el Decreto 562/2009) declara de interés nacional la generación de energía eléctrica

con destino a la prestación de servicio público, a partir del uso de fuentes de ER, estableciendo como objetivo alcanzar una contribución del 8% del consumo de la energía eléctrica nacional en el año 2016. Si bien resulta un importante antecedente normativo en la promoción de las ER, se orienta exclusivamente a sistemas de generación centralizada de gran porte sobre la modalidad de llamado a licitación.

En el año 2011 la Secretaría de Energía de la Nación a través de la Resolución 108/11, habilitó la realización de Contratos de Abastecimiento entre el Mercado Eléctrico Mayorista y de ofertas de disponibilidad de generación y energía por fuentes renovables.

La Ley 27.191 (2015) introdujo diversas modificaciones a la Ley 26.190, a efectos de fomentar el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica, diversificar la matriz energética nacional, expandir la potencia instalada y contribuir a mitigar el cambio climático. Asimismo postergó la meta del 8% de generación de energía eléctrica a partir de Energías Renovables hasta el 31 de diciembre de 2017.

Una de las principales consecuencias de la ley 27.191 es que impone a los grandes usuarios de energía la exigencia de diversificar escalonadamente su consumo con fuentes alternativas.

Para ello pueden recurrir a tres alternativas:

- Autogeneración: en el mismo predio o bien bajo el mismo CUIT en una zona remota un gran usuario podrá generar electricidad en el lugar de consumo.
- Adherir a compras conjuntas a través de licitaciones internacionales que realiza CAMMESA comprando energía por 20 años (Programa RenovAr).
- La tercera opción es mercado a término (MATER), donde particulares contratan una compra-venta de energía por plazos acordados entre ellos. Al respecto se llevan a cabo periódicas revisiones de capacidad de transporte y el estado dictamina un punto de interconexión (PDI) en el Sistema Argentino de Interconexión (SADI) para que dicha electricidad pueda inyectarse a la red.

El plan RenovAr (Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables) que incluye licitaciones públicas periódicas en las que distintas empresas presentan sus proyectos de inversión y el precio al cual están dispuestos a vender su capacidad. CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico) es la administradora de estos contratos a largo plazo, los cuales están fijados en dólares.

La primera ronda licitatoria (RenovAr 1, luego complementada por RenovAr 1.5) que se realizó a fines de 2016 y adjudicó 59 proyectos por más de 2400 MW. La segunda ronda fue lanzada en 2017, con algunas particularidades que la diferencia de la de la primera.

El régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MATER), establecido por la Resolución 281/2017, tiene como objetivo reglamentar un mecanismo de compra de energía eléctrica que permita la adquisición de energía por libre acuerdo entre las partes, para que los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), con demandas de potencia iguales o mayores a 300 kW, tengan una alternativa para adecuarse a la Ley 27.191 por cuenta propia y no necesariamente como parte de la compra conjunta del , instrumentada en el Programa RenovAr.

Por decreto N° 9 del Poder Ejecutivo Nacional se dispuso que el 2017 sea el "año de las energías renovables". Esta medida además de una fase declarativa que insta a que toda la documentación oficial de la administración pública nacional lleve la leyenda correspondiente, tiene una fase de carácter informativa y formativa dado que auspicia actividades, seminarios,

conferencias y programas educativos que contribuyan a la difusión en el país de diferentes aspectos relativos al desarrollo y uso de las energías renovables.

### **Ley Nacional de Generación Distribuida**

El 30 de 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.

El 1er artículo de la ley, define como objetivo *“Fijar las políticas y establecer 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, y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincias”* (Ley N° 27.424, 2017).

Las políticas de incentivos para que los usuarios instalen equipamiento que permita producir electricidad serán implementadas a través del Fondo Para la Generación Distribuida de Energías Renovables (FODIS) que podrá proveer recursos y otorgar préstamos, subsidios o bonificaciones, así como fijar incentivos a la inyección o bonificaciones para la adquisición de sistemas de generación, o incluso financiar la difusión, investigación y desarrollo relacionadas a las posibles aplicaciones de este tipo de tecnologías.

La ley también contempla la creación de un fondo para el fomento de la industria nacional asociada (FANSIGED), cuyas actividades previstas son la investigación, diseño, desarrollo, inversión en bienes de capital, producción, certificación y servicios de instalación para la generación distribuida de energía a partir de fuentes renovables.

En su artículo 2º declara de interés nacional la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables con destino al autoconsumo y a la inyección de eventuales excedentes de energía eléctrica a la red de distribución, todo ello bajo las pautas técnicas que fije la reglamentación en línea con la planificación eléctrica federal, considerando como objetivos la eficiencia energética, la reducción de pérdidas en el sistema interconectado, la potencial reducción de costos para el sistema eléctrico en su conjunto, la protección ambiental prevista en el artículo 41º de la Constitución Nacional y la protección de los derechos de los usuarios en cuanto a la equidad, no discriminación y libre acceso en los servicios e instalaciones de transporte y distribución de electricidad.

En noviembre de 2018 a través del decreto N° 986 se aprobó la reglamentación de la Ley N° 27.424 sobre Régimen de fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública. El cálculo de compensación estará a cargo del Distribuidor bajo el modelo de **balance neto** de facturación (artículo 12). También reglamenta el Régimen de Fomento para la Fabricación Nacional de Sistemas, Equipos e Insumos para Generación Distribuida a partir de fuentes renovables.

Por Resolución N° 314/18 de la Secretaría de Energía (20 de diciembre de 2018) se aprueba la norma de implementación de la Ley 27.424, su modificatoria y el decreto 986. Se establecen definiciones y se 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).

Esta ley genera muchos desafíos principalmente políticos, técnicos y económicos sobre el cual organizaciones especializadas realizan sus reflexiones y aportes. Tal es el caso del Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía (CACME, 2019) que en el marco de las Jornadas Nacionales de Actualización sobre los desafíos de las energías renovables y la generación distribuida realizaron una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenaza) y una hoja de ruta con acciones en las dimensiones Mercado Negocios (Perspectivas estratégicas y comerciales), Productos y Servicios (Perspectivas de diseño, desarrollo y producción) y Tecnología, ciencia, recursos y roles (Perspectivas I+D+i).

Por decreto 864/2018, se eliminaron las posiciones arancelarias para los insumos fotovoltaicos, para los parques solares en construcción a través del programa Renovar (pasando de 12% a 0%). En los considerandos del decreto se señala como objetivo “*mejorar las condiciones de competitividad y productividad general de la economía*”.

#### **Financiación para la compra de equipos de ER**

Desde el 01/12/18 y hasta el 28/02/19 se lanzó la primera línea de créditos para la compra de equipos de energías renovables para la generación de energía eléctrica. El programa se denomina “*Poné tu energía en cuidar el planeta*” y ha sido implementado por el Banco Nación.

La promoción consiste en créditos de hasta 12 cuotas sin intereses para la adquisición de equipos entre 500 W y 1 kW (en términos prácticos entre 2 y 4 paneles) (Gubinelli, Guido, 2019).

#### **1.6.4. Normativas Provinciales**

Son numerosas las normativas provinciales en relación a las energías renovables (Argentina Green Building Council, 2016).

Tal es el caso de Córdoba que por Ley 8.810/1999 declaró de Interés provincial la generación de energía mediante ER; Buenos Aires que mediante Ley N° 12.603/2001 incentivó la generación de energía eléctrica a partir de FR; Chubut con la Ley N° 4.389/98 y Decreto N° 235/98 referido a la generación Eólica. Las normativas de adhesión a la ley 26.190 fueron de la Pampa (Ley 2.380/2007), Mendoza (Ley 7.822/2008), Neuquén (Ley 2.396/2008).

Santa Cruz por Ley 2.796/2005, estableció el Régimen Provincial de Energías Renovables y Misiones por Ley 4.439/2008 declaró de interés provincial la generación eléctrica con ER.

La CABA por Ley 4024/12 promulgó el régimen de incentivo para promover el uso de sistemas de captación de energía solar, para producción de energía eléctrica, generación de agua caliente o calefacción.

En cuanto a la generación distribuida y frente al retraso que ha tenido la promulgación de la normativa que habilite la posibilidad de injectar energía renovable a la red a nivel nacional (analizado en la página anterior), distintas provincias se anticiparon e iniciaron la etapa de regulación atendiendo a las demandas de los sectores interesados y en una actitud proactiva hacia políticas energéticas más sostenibles.

Tal es el caso de Santa Fe, Mendoza, Salta, San Luis, Neuquén, Misiones, Entre Ríos, Corrientes y Chaco. El formato generalizado adoptado ha sido el de balance neto (net metering), pero frente a los primeros resultados obtenidos Santa Fe y Salta, han reorientado su estrategia hacia un sistema de tarifa preferencial (feed in tariff). Santa Fe, a través de un

programa específico y Salta, a partir de la reglamentación de la norma local (AGBC, 2016). Por su parte, la legislación aprobada en Neuquén, autoriza a la Autoridad de Aplicación a establecer precios diferenciales durante distintos plazos, a favor de los usuarios para distintos niveles de generación.

La provincia de Mendoza por Ley N° 7.549 (2006) declaró de Interés Provincial las actividades de generación, transporte, distribución, uso y consumo de Energía Eólica y Solar en todo el ámbito de la Provincia y la investigación, desarrollo, transferencia de tecnología, fomento y radicación de industrias destinadas a la fabricación de equipamiento para los fines mencionados precedentemente, desgravando de impuestos la actividad. Por Resolución N° 19 (2015) del Ente Provincial Regulador Eléctrico (EPRE) se reglamentó las condiciones técnicas para la operación y facturación de excedente de energía volcados a la red eléctrica de distribución.

La provincia de Santa Fe ha sido pionera en habilitar la conexión a la red de sistemas distribuidos de energía renovable mediante la Resolución N° 442 de octubre de 2013, de la Empresa Provincial de Energía (EPE), que establece el procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la empresa, inicialmente bajo el régimen del balance neto.

No obstante, en 2016, la provincia lanzó el Programa Prosumidores, con una duración de dos años y un cupo de 100 proyectos, incorporando el instrumento de la tarifa diferencial generada a ser percibido por el lapso de ocho años. El Programa facilita el repago de las instalaciones renovables, a través de una compensación monetaria que permite la amortización de los equipos por parte de los clientes que se adhieran al programa en un período de tiempo determinado. Dicha compensación se efectúa en función de la energía generada durante el período de repago de los equipos. El primer prosumidor se conectó a la red en septiembre de 2016.

En 2018 el gobierno de Santa Fe lanzó una segunda etapa del plan Prosumidores que con una inversión de 25 millones de pesos, propone como meta, en una primera etapa, la instalación de 5 MW de generación distribuida a partir de energías renovables. En principio, el nuevo Prosumidores supera en límite de potencia a instalar a la primera versión (Gubinelli, Guido, 2018). Antes tenía un límite de 1,5 kW, indistintamente del usuario que deseaba inyectar energía limpia a la red. Ahora, en cambio, se establece un esquema de acuerdo al tipo de usuario como puede observarse en la Tabla 7:

Tipo	Potencia máxima permitida
Hogares	5 kW
Comercios y PyMES	15 kW
Consorcios domiciliarios	5 kW
Consorcios comerciales	15 kW
Rurales	15 kW
Clubes y Organizaciones Sociales	15 kW
Máximo Prosumidor	300 kW (equivalente a 480 MWh/año)

Tabla 7: Conexiones tope del Programa Prosumidores.  
Fuente: (Gubinelli, Guido, 2018)

Dependiendo el nivel de potencia que instale el usuario, el Gobierno santafecino pagará un incentivo importante “actualizable al incremento de las tarifas. El esquema se refleja en la Tabla 8:

Hogares – Comercios y PyMES – Consorcios Domiciliarios – Consorcios Comerciales – Rurales – Org. Sociales y Clubes			
Hasta 2kW	Hasta 5kW	Hasta 10kW	Hasta 15kW
\$ 6,50*	\$ 6,00*	\$ 5,50*	\$ 5,00*

\*Actualizable en referencia a la variación del cago de la Ley N° 12.692, que se actualiza semestralmente (mayo y noviembre).

Tabla 8: Reconocimiento monetario variable de la producción de energía.

Fuente: (Gubinelli, Guido, 2018)

La provincia de Salta, por ley N° 7823 (2014) aprobó el Régimen de fomento de las Energías Renovables con el formato del balance neto, pero luego avanzó hacia la tarifa diferencial mediante la Resolución N° 1.315/14, por un período de dos años con la consideración de: tipo de tecnología, cantidad de horas y el precio estacional de la energía no subsidiada.

San Luis por Ley N° IX-0921 (2014) apoya la Promoción y desarrollo de energías renovables con un fondo de fomento y diversos beneficios (AGBC, 2016).

En 2016 el gobierno de la provincia de Neuquén dictó la Ley N° 3.006 que promueve la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables para ser inyectada a las redes de media y baja tensión así como también para autoconsumo.

En agosto de 2016 Misiones aprobó la Ley de Balance Neto, Micro Generadores Residenciales, Industriales y/o Productivos.

La provincia de Entre Ríos por decreto N° 4.315 (2016) puso en vigor el régimen de Microgeneración.

Buenos Aires fue la primera provincia en habilitar la GD, pero en su momento la legislación no tuvo grandes resultados y finalmente la norma fue derogada a fines de 2016 (AGBC, 2016).

La Provincia de Corrientes por ley N° 6.428, del 14 de diciembre de 2017, aprobó el Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.

En el apartado 1.7.2. se desarrollará el caso de la provincia del Chaco.

En la Fig. 10 puede observarse la cronología de normativas aprobadas por provincia en relación a la GD previas a la promulgación de la ley nacional a fines de 2017.

En cuanto a la Ley N° 27.424 (Régimen de fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública) las provincias que adhirieron hasta fines de 2018 han sido Mendoza (Ley provincial 9.084), Tucumán, Córdoba (Ley provincial N°10.604), San Juan (Ley N° 1878-A) y Tierra del Fuego.

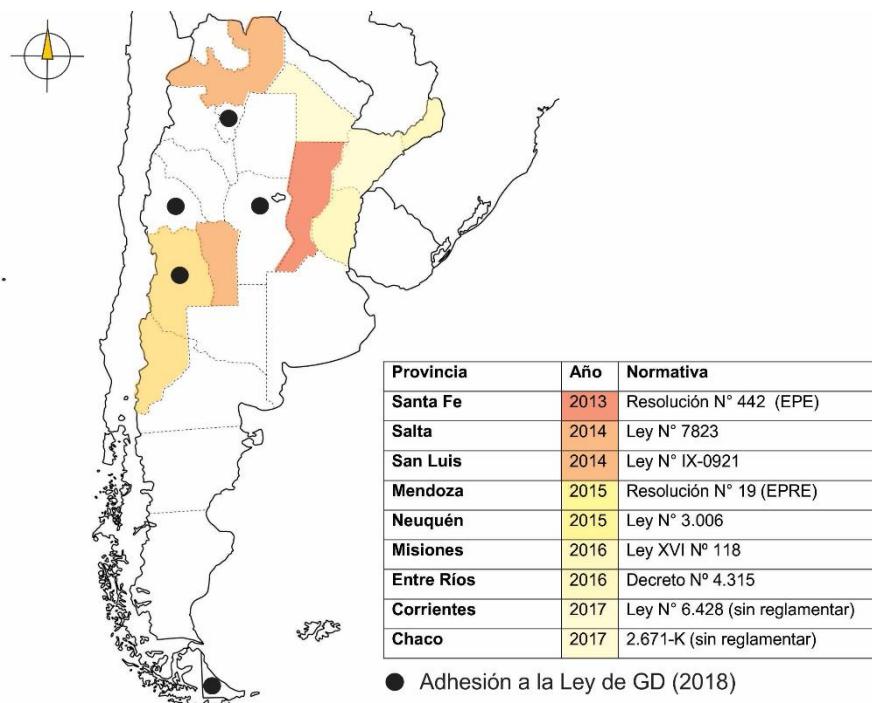


Fig. 10: Mapa de normativas por provincia de la Argentina.  
Fuente: Elaboración propia, sin escala.

## 1.7. Situación energética en Chaco

La provincia del Chaco se ubica al Noreste de la República Argentina, con una población de 1.055.259 (censo 2010). Presenta una situación socioeconómica crítica, con los peores indicadores a nivel nacional. Se ubica en la penúltima posición a nivel nacional en cuanto al Índice de Desarrollo Sostenible Provincial (IDSP) desarrollado por la ONU (Serrani, 2018).

En la Tabla 9 se presentan los IDSP de mayor a menor. Se observa que la provincia del Chaco se encuentra en la penúltima posición, con índices negativos en cuanto a crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la cuestión energética la provincia del Chaco se encarga solamente de la distribución de la energía y no es generadora de la misma. Su capacidad de generación e inyección a la red eléctrica nacional es ínfima en comparación a los niveles de consumo que tiene (Serrani, 2018). La provincia durante 2017 consumió el 2% del total de la energía nacional cuando solamente produjo el 0,12% del total. Ello implica que es una provincia “importadora neta” de energía producida en otras provincias. En la actualidad, la mayor parte de los centros de generación de energía eléctrica en la provincia son fuentes de generación térmica, a partir del diesel, una de las fuentes de energía menos eficientes, más contaminantes y más caras.

Sin embargo, se cuenta con un alto potencial de recursos energéticos renovables, en especial de energía solar y de la procedente de la biomasa forestal y agrícola, que se encuentran subutilizadas (Serrani, 2018).

Jurisdicción	IDSP	Orden	Crecimiento económico	Inclusión social	Sostenibilidad ambiental
CABA	0,792	1	0,761	0,776	0,840
Chubut	0,595	2	0,500	0,709	0,595
Mendoza	0,588	3	0,556	0,521	0,702
San Luis	0,579	4	0,542	0,493	0,729
Neuquén	0,571	5	0,480	0,612	0,634
Santa Cruz	0,567	6	0,492	0,689	0,537
Entre Ríos	0,565	7	0,503	0,592	0,604
Río Negro	0,564	8	0,465	0,572	0,676
Buenos Aires	0,556	9	0,447	0,472	0,811
Santa Fe	0,553	10	0,528	0,460	0,696
Misiones	0,550	11	0,494	0,407	0,826
San Juan	0,548	12	0,537	0,345	0,889
Tierra del Fuego	0,545	13	0,504	0,772	0,415
Córdoba	0,541	14	0,525	0,443	0,683
Catamarca	0,537	15	0,512	0,445	0,681
La Rioja	0,536	16	0,458	0,486	0,690
Tucumán	0,535	17	0,508	0,371	0,812
La Pampa	0,524	18	0,541	0,555	0,480
Jujuy	0,517	19	0,449	0,457	0,673
Corrientes	0,467	20	0,527	0,273	0,707
Salta	0,464	21	0,463	0,299	0,720
Formosa	0,451	22	0,473	0,297	0,653
<b>Chaco</b>	<b>0,436</b>	<b>23</b>	<b>0,433</b>	<b>0,294</b>	<b>0,652</b>
Santiago del Estero	0,313	24	0,432	0,297	0,238
<b>Promedio</b>	<b>0,57</b>		<b>0,512</b>	<b>0,491</b>	<b>0,735</b>

Tabla 9: IDSP en Argentina, año 2016.  
 Fuente: (Serrani, 2018) en base a PNUD (2017).

En cuanto al consumo el mayor porcentaje es requerido por la actividad residencial, como puede observarse en la Tabla 10. Esta situación que se incrementa y acentúa en el tiempo (ver Fig. 11).

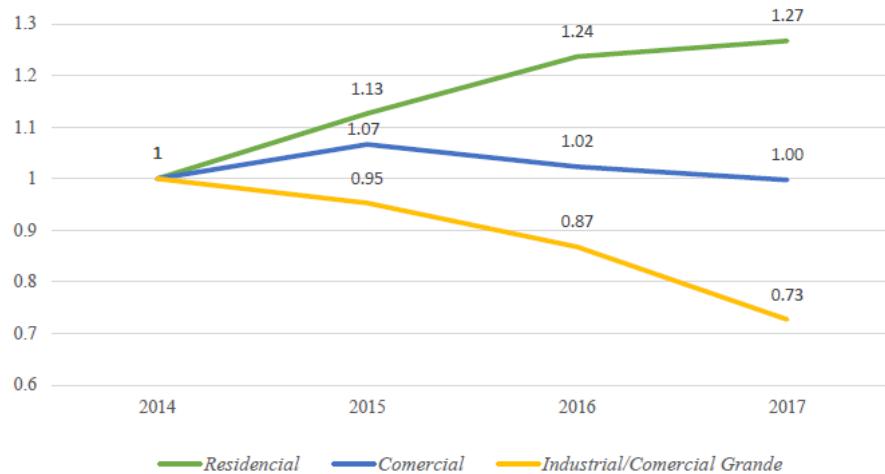


Fig. 11: Evolución del consumo de energía eléctrica por tipo de usuario. Chaco, 2014-2017.  
Fuente: (Serrani, 2018) en base a CAMMESA.

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%
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Tabla 10: Porcentaje de consumo por tipo de usuario. Chaco. 2014-2017.  
Fuente: (Serrani, 2018) en base a datos de CAMMESA.

### 1.7.1. Normativa de la provincia del Chaco

En el año 2009 la provincia del Chaco adhiere a la Ley Nacional N° 26.190 “Régimen de fomento nacional para uso fuentes renovables de energía”, a través de la Ley N° 1.795. En el 2016 por Ley N° 2.483, adhiere a la Ley Nacional N° 27.191 (Serrani, 2018).

En agosto de 2017 se aprobó por unanimidad la Ley N° 2.671-K “Programa Provincial de Incentivos para la Generación y el Uso de Energías Renovables, Alternativas o Blandas. Beneficios impositivos”.

En su artículo 7º exime de todo gravamen impositivo provincial, por el término de 10 años, a las actividades de producción de equipamiento mecánico, electrónico, electromecánico, metalúrgico y eléctrico que realicen personas físicas y empresas radicadas o a radicarse, de origen provincial, nacional o internacional, con destino a la generación, transporte, distribución, uso y consumo de energías renovables, alternativa o blandas en el territorio de la Provincia del Chaco. Este artículo fue vetado por el poder ejecutivo reduciendo el concepto de “todo gravamen” al “90% de los gravámenes”.

El artículo 8º se refiere a la posibilidad de que los usuarios de energía eléctrica conectados a una red de distribución puedan transformarse en autogeneradores y cogeneradores de energías renovables, alternativas o blandas hasta una potencia determinada por la reglamentación que dicte la autoridad de aplicación, del orden de la que tiene contratada con la distribuidora para su demanda. En todos los casos deberá abonar los cargos estipulados

para mantenimiento de la red de distribución. La autoridad de aplicación determinará en qué casos se le permitirá volcar los excedentes de energía a la red de distribución pública, su incentivo, las condiciones técnicas necesarias para esta operación y la forma de facturación.

La autoridad de aplicación es el Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la provincia del Chaco (artículo 13°) y se invita a los municipios a adherirse e implementar medidas promocionales tales como el abastecimiento de energías renovables, alternativas o blandas para el alumbrado público o para el suministro eléctrico de las reparticiones públicas (artículo 14°).

Para la reglamentación de la ley se previó un plazo de noventa días (Art. 15°).

La Universidad Nacional el Buenos Aires (UBA, 2019) desarrolló el Índice Provincial de Atractivo Renovable (IPAR) que es un instrumento que combina la medición del grado de desarrollo de las energías renovables en cada jurisdicción del país junto al potencial atractivo para futuras inversiones.

Para la conformación del índice se establecen dos ejes de análisis: 1. Regulatorio, Fiscal e Institucional y 2. Recursos, Tecnología e Infraestructura. El IPAR busca mostrar el grado de desarrollo de las energías renovables en cada Jurisdicción del país y cuán atractivas resultan para la inversión.

El IPAR pretende convertirse en una referencia para la toma de decisiones tanto del sector empresarial en sus planes de inversión de nuevos proyectos, como del sector público en su diseño de medidas que promuevan el despliegue de las energías renovables.

De acuerdo al primer informe del IPAR la provincia del Chaco se encuentra relativamente bien posicionada, ubicada en posición 13 dentro de las 24 jurisdicciones del país lo cual representa, en cierta medida, una oportunidad.

## CAPÍTULO 2

# Arquitectura y energía solar



## 2. ARQUITECTURA Y ENERGÍA SOLAR

*“Solar architecture is not about fashion, it is about survival”.*

Norman Foster

En el primer capítulo se estudió la preocupación mundial sobre el deterioro ambiental y cómo ha catalizado una serie de reflexiones y acciones científicas, políticas, económicas, tecnológicas, gubernamentales, de ONGs y hasta grupos religiosos. En este contexto reflorecen las energías renovables como ambientalmente más adecuadas y con una efectividad enriquecida por el devenir histórico y los avances tecnológicos, posicionándolas como altamente promisorias. Este deliberado apoyo a las ER del contexto internacional no encuentra un correlato directo en el ámbito nacional (Argentina) y menos aún en la Provincia del Chaco, en donde aún existen muchos obstáculos para lograr su implementación.

Una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica es a través de la generación distribuida usando la envolvente de las construcciones como sustrato, lo que desafía a la arquitectura que pasa de ser consumidora a generadora de energía (parcial o totalmente). Esta es una idea inspirada en el proceso natural de la fotosíntesis y por ello se la analiza desde el enfoque biomimético.

En el presente capítulo se construye el concepto de “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”, ampliando la perspectiva técnica a todas las dimensiones de la arquitectura, con el objeto de visibilizar las posibilidades de “implementación- apropiación” de esta tecnología. Para verificar la eficacia del concepto se realiza un abordaje de casos construidos en el mundo, la Argentina y la Región NEA.

En el ámbito internacional se estudian edificios públicos, edificios de carácter corporativo – empresarial, edificios en altura y ya en el ámbito del espacio privado, la vivienda. Posteriormente se estudia el caso de los barrios de vivienda como tipología urbano - arquitectónica tomando como caso de análisis la Aldea Solar de Friburgo, Alemania y el barrio Bioclimático en la provincia de San Luis, Argentina.

Se compara la experiencia internacional con la situación argentina en relación a la incorporación de SFV en la arquitectura, a través de los resultados del Concurso Nacional de ideas para la incorporación de sistemas fotovoltaicos en áreas urbanas, realizado en 2014, que en la categoría profesional fue declarado desierto, lo que demuestra el bajo interés o desarrollo de los arquitectos en relación a la incorporación de SFV en la arquitectura.

Para finalizar se analiza el esfuerzo realizado por consorcio IRESUD en construir instalaciones modelo en todo el país y las dificultades de implementación real en el contexto de aplicación.

## 2.1. Arquitectura y sustentabilidad

Ya en el siglo I A.C. Vitruvio definió a la arquitectura como firmatas, utilitas y venustas, genéricamente entendidos como solidez, utilidad y belleza, capaces de guiar los instrumentos del proyecto de arquitectura constituidos, por la ordenación, la disposición, la euritmia, la simetría, la conveniencia o decoro y la distribución (Vitruvio, (I A.C.) edición 1997). Además de estos conceptos ampliamente difundidos, Vitruvio planteó también lineamientos referidos a la salubridad de los emplazamientos, dando recomendaciones sobre el asoleamiento, la acción del viento y su impacto sobre la salud de la población (Vitruvio, (I A.C.) edición 1997).

La arquitectura posee un fin social muy elevado dado que conforma el hábitat humano, tanto para satisfacer sus necesidades más elementales como aquellas de carácter espiritual, hasta incluso las banales. Pero este proceso de “transformación” tiene sus consecuencias negativas, es decir una serie de impactos ambientales que sólo recientemente han sido asumidos plenamente.

Para producir arquitectura se incorpora materia y energía y se generan residuos, en sus distintos momentos, desde la extracción de la materia prima, su elaboración, el transporte, la construcción, posteriormente la etapa de uso, su mantenimiento y el final de la vida útil. A su vez este proceso de transformación se produce en un contexto específico, generando modificaciones del paisaje natural y cultural y posiblemente nuevos usos del espacio.

En todas estas instancias se generan impactos locales y globales. El desarrollo sostenible de los edificios *“involucra el desempeño y funcionalidad requeridos con el mínimo impacto ambiental negativo, mientras se producen mejoras en aspectos culturales, económicos y sociales a nivel local, regional y global”* (IRAM 11930, 2010).

El enfoque ambiental considera que la arquitectura forma parte de un sistema de producción y consumo que como se vio, es insostenible, siendo el resultado de concepciones erróneas, que producen impactos negativos que destruyen el ambiente y disminuyen la calidad de vida de las personas.

En un paralelismo muy simplificado entre los ciclos energéticos y la arquitectura podríamos afirmar que nos encontramos transitando la era “posindustrial”, que pone en duda principios como ser la uniformización, especialización, sincronización, maximización, concentración y centralización, la separación tajante entre productor y consumidor, la división sexual entre otros tantos aspectos (Toffler, 1980).

Si la era preindustrial basó su energía en recursos renovables y la industrial en los no renovables, el desafío de la era posindustrial es diversificar la matriz energética sobre bases renovables. En ese desafío la arquitectura tiene implicancias directas e indirectas y puede asumir un rol protagónico. La arquitectura que con distintas denominaciones y perspectivas se posiciona en un paradigma de desarrollo sostenible, aparece como la aparente respuesta a estos dilemas.

La intención de conformar un corpus teórico que fundamente la sustentabilidad en la arquitectura, forma parte de un entramado de fuerzas, pensamientos y acciones de carácter inter y transdisciplinar que enriquece la mirada del quehacer arquitectónico y cambia su perspectiva. El carácter genérico de la definición de sostenibilidad explica en parte su amplio consenso e implica la ruptura de la arquitectura como disciplina y la apertura a escalas más amplias de conocimiento que hasta ahora le eran más o menos ajenas (Prieto, 2011).

Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos de una enorme cantidad de profesionales e investigadores de todo tipo de disciplinas por desarrollar nuevos materiales y tecnologías con menos nocivas para el ambiente, la arquitectura permanece más o menos intacta y sigue utilizando un paradigma caduco, con un enorme impacto (De Garrido, 2014).

Existe un abanico de indagaciones teóricas y prácticas ensayadas para encontrar respuestas arquitectónicas a los cuestionamientos ambientales como ser la arquitectura “bioclimática”, “sostenible”, “ambientalmente consciente”, “verde”, la “eco – arquitectura”, “biomimética”, por solo citar algunas denominaciones.

Fernández-Galiano (1991, p. 24) afirma que *“la arquitectura puede entenderse como organización material que regula y ordena los flujos energéticos; y al propio tiempo, e inseparablemente, como organización energética que estabiliza y mantiene formas materiales”*.

Siguiendo a Prieto, la sustentabilidad en la arquitectura resulta un cambio en dos aspectos. Por una parte, se opone al “paradigma del derroche mecanicista” por su interés especial por la concepción de la energía como bien escaso y valioso. Por otro lado, se contrapone al “despilfarro formalista” de la arquitectura como exhibición (Prieto, 2011).

La “buena arquitectura” debe ser “buena arquitectura ecológica”. Y para serlo debe tener en cuenta enorme cantidad adicional de información medioambiental, y debe mejorarse sustancialmente el proceso de diseño ecológico (De Garrido, 2014).

En la actualidad el término “sostenible” se ha adulterado hasta tal punto que ya no tiene significado concreto, y por lo tanto tiene poca utilidad. Hasta las empresas utilizan el término para intentar vender todo tipo de producto o servicio. Lo mismo ocurre con términos como “bioclimático” (De Garrido, 2014).

El paradigma de la sostenibilidad en la arquitectura puede definirse como un “funcionalismo medioambiental”, que intenta una cierta neutralidad estética, en favor de una transparencia de diseño basada en datos de índole más científica y de carácter multidisciplinario (Prieto, 2011).

Sin embargo, encuentra una salida conceptual en la “estética de la energía” no solo desde sus dimensiones mecánicas, termodinámicas o medioambientales, sino también a través de aspectos cualitativos, perceptuales y fenomenológicos que colaboren con la construcción de este nuevo lenguaje estético.

Entre los aportes interdisciplinario se encuentra la línea analítica y propositiva esgrimida por Braungart y Mcdonough, que se basa en la metáfora de que “los edificios pueden ser como árboles”, “que las construcciones pueden producir más energía que la que consumen”, que es posible “diseñar las cosas – los productos, los embalajes, los sistemas desde su punto de origen, pensando que no existe el residuo” (Braungart & Mcdonough, 2005).

En este marco teórico las energías renovables, en especial la solar, aparecen como una alternativa que permite “acercarnos” a la utopía de que los edificios generen energía y no solo la consuma.

La energía solar, dentro de las energías renovables, reviste un especial interés para la arquitectura por la alta factibilidad de incorporarse constructivamente en distintos niveles que van desde la adaptación hasta la integración, que será analizado en el capítulo siguiente.

Además, la incorporación de SFV en la arquitectura podría reforzar la “sustentabilidad visual” es decir “*transmitir visual y estéticamente la calidad de sustentabilidad de proyectos de arquitectura*” (Evans, 2010) expresando con sinceridad, a través de formas y materiales, la intención de mejorar las condiciones ambientales tanto del propio edificio como del conjunto del barrio o ciudad en los que se implantan. La incorporación de SFV en la arquitectura representa una vía de indagación arquitectónica en lo tecnológico, funcional, expresivo y formal para tender a la sustentabilidad visual.

La arquitectura resulta un cruce de tensiones e interrelaciones múltiples dado que se trata de una práctica de carácter técnica, teórica, social y cultural. Su índole multidimensional la define como un objeto complejo caracterizado por las categorías de las formas, los usos y los significados (Arroyo, 2011).

Las *formas* son de índole fácticas y se surgen de plasmar mediante una práctica técnica los fundamentos surgidos de una práctica teórica. Da como resultado una obra. Un objeto arquitectónico material, artificial, físico, tangible.

Los *usos* se refieren a lo social interpretativo de la arquitectura, a la interface entre el objeto arquitectónico y el sujeto (que la diseña, el que la usa, el que la interpreta). Desde allí es contenedora de las prácticas sociales y culturales favoreciendo su percepción y activando la sensibilidad.

Los *significados* son el alma de la arquitectura. Son aquellos aspectos intangibles, escurridizos, relativos que le otorga carácter y le da sentido. Canaliza la intención de diseño, surgida de un pensamiento o reflexión. Se trata de una práctica de carácter teórica con connotaciones culturales y políticas.

Gran parte de los esfuerzos por lograr una arquitectura sostenible se basan en la eficiencia del uso de los recursos, lo cual puede fundamentarse en muy buenas intenciones. La eficiencia podría considerarse una visión avara y mezquina sobre la relación entre la Arquitectura y la Naturaleza. Siguiendo a Latour es factible afirmar que Naturaleza y Arquitectura son híbridos que se retroalimentan y entablan un diálogo bidireccional (Latour, 2017).

Gastar menos recursos (es decir consumir de forma eficiente) no modifica la dirección de un sistema de producción y consumo basado en un paradigma equivocado (consumo de recursos no renovables de origen fósil). Por ello la eficiencia es condición necesaria pero no suficiente para lograr una arquitectura que satisfaga las necesidades presentes sin afectar las posibilidades de disfrute de las futuras. Resulta necesario posicionarse en el paradigma correcto.

### **2.1.1. Estrategias de diseño pasivo**

Los principios del diseño bioclimático son fáciles de considerar en las etapas de proyecto de las construcciones y en realidad son en muchos casos herederos de costumbres tradicionales de cada región que buscaron una relación más armónica entre lo artificial y lo natural, no solo por fundamentos éticos, sino por carencias reales que obligaron a optimizar las

construcciones en función de los recursos disponibles. Estas buenas prácticas son hoy revalorizadas desde lo tecnológico constructivo.

El diseño en armonía con el clima y la naturaleza permite reducir al mínimo la energía convencional utilizada para la calefacción e iluminación artificial y, en la mayoría de los casos, eliminar totalmente la energía para refrigeración sin comprometer la calidad de vida de los usuarios. Los conceptos sencillos incluyen (Agencia de Protección Ambiental, 2014):

- Aprovechamiento de las características del terreno.
- Orientación del edificio y sus aberturas.
- Zonificación de los espacios.
- Ventilación selectiva y ventilación cruzada.
- Control de infiltración por aire.
- Incorporación de masa térmica en los elementos constructivos.
- Incorporación de materiales aislantes en paredes y techos.
- Ruptura de puentes térmicos
- Uso controlado del vidrio y el efecto invernadero.
- Incorporación de protección solar y control del sol directo.
- Uso de la vegetación y microclima local.

Estos criterios de diseño se complementan con recomendaciones de uso racional de la energía (artefactos eficientes, iluminación eficiente), consumo responsable de la materia y minimización de los residuos.

Los criterios de diseño solar pasivo, sintetizados en la arquitectura bioclimática, son condición necesaria para lograr una arquitectura sostenible. Pero no resultan suficientes sino se modifica el modo en que se produce la energía activa. La situación ideal es combinar o sumar ambas estrategias, de manera de lograr condiciones de sustentabilidad en la construcción del hábitat.

### **2.1.2. Estrategias de diseño activo**

La arquitectura solar activa representa un cambio de paradigma, que sin desconocer la importancia del uso consciente de la energía y el diseño energéticamente optimizado pretende dar un paso hacia adelante en el cual la arquitectura no solo reduzca el consumo de energía (concepto de eficiencia) sino que además la genere (como hace la propia naturaleza).

Estas estrategias pretenden incorporar la generación de energía proveniente de fuentes renovables como ser la solar, la eólica, la minihidráulica y la geotérmica de baja profundidad.

Todas poseen sus aspectos ventajosos, pero por su alta factibilidad de integración la energía solar reviste una especial atención para la arquitectura.

Como se señaló en el apartado 0 energía solar térmica activa se realiza mediante colectores a baja, media y alta temperatura. Cuenta con un colector o captador de energía, un sistema de almacenamiento y otro de distribución, y trabajan sobre fluidos (agua o aire) (Ázcárate Luxán & Mingorance Jiménez, 2008).

Por su parte la energía solar fotovoltaica consiste en transformar directamente la energía luminosa en energía eléctrica, por medio de células solares o fotovoltaicas.

Por la cobertura de las energías renovables en relación al consumo del edificio se pueden diferenciar distintas situaciones:

- Edificios que disminuyen el consumo de energía tradicional remplazando parte de la misma por energía renovable.
- Edificios Energía Cero (EEC) o Net Zero Energy Building (NZEB): construcciones cuyo consumo de energía neta es cercana a cero en un año típico. La energía que produce el edificio mediante fuentes renovables es igual a la energía que demanda o consume. Es decir que hay un equilibrio entre demanda y generación. Esto se logra con estrategias pasivas (para reducir el consumo al mínimo) y estrategias activas (para generar energías).
- Edificios PlusEnergy (que genera más energía que la que consume) con estrategias pasivas y activas logran una generación de energía en exceso.

## 2.2. La energía solar como inspiración natural

Si Le Corbusier se basaba en artefactos mecánicos para establecer analogías sobre la arquitectura, definiéndola como “la máquina de habitar”, en concordancia con el auge de un paradigma mecanicista, en la actualidad, habiendo puesto en cuestión este modelo, es el momento de recurrir a metáforas e inspiraciones de características más orgánicas.

La vida sobre la Tierra depende de la luz solar y casi todas las fuentes de energía derivan de forma directa o indirecta del sol.

El ser humano desde sus inicios, basó sus innovaciones tecnológicas en la observación de la naturaleza que le ha dado tanto los recursos materiales como la inspiración para resolver sus necesidades de cobijo y protección, que con el paso del tiempo se fueron complejizando y aumentando los requerimientos de confort.

La biomimética (de “bio” = vida, y “mimesis” = imitar), (Benyus, 2012) como disciplina del diseño, es una rama de la ciencia que le aporta al ser humano un método para resolver problemas. Permite aprender de las formas y procesos naturales, propiciando la creación o adecuación de soluciones tecnológicas cada vez más sostenibles y ambientalmente más conscientes. Es de carácter eminentemente interdisciplinaria, dado que para comprender la naturaleza el método de abordaje debe ser holístico.

En lo que atañe a la arquitectura, consecuentemente con estas problemáticas, se está orientando el esfuerzo hacia la búsqueda de soluciones de diseño más eficaces, proyectos que puedan lograr un equilibrio natural, lo que ha dado lugar a una nueva tendencia que se conoce como Arquitectura Biomimética

En la actualidad el enfoque biomimético no pretende extraer cosas de la naturaleza, sino aprender de ella (Benyus, 2012). Por ello la arquitectura biomimética avanza mucho más allá de la simple imitación de las formas naturales, porque además se detiene a analizar los diversos procesos, intentando que las instalaciones de los edificios se comporten de una manera semejante, favoreciendo de este modo las condiciones de habitabilidad y confort, optimizando la estabilidad y duración de los edificios, y aplicando criterios de ahorro energético y mantenimiento.

Concretamente, la Biomimética aporta la arquitectura a un diseño más natural, tomando en cuenta las estrategias y soluciones que utiliza la naturaleza, aplicándolas en varios aspectos, creando diseños más naturales, ahorrando y haciendo más eficiente el uso de los recursos, sin agotarlos (Pilar, 2018).

De acuerdo Benyus (2012) las estrategias y principios de la naturaleza que sirven de inspiración son:

- Cabalga sobre la luz solar
- Gasta solo la energía que necesita
- Ajusta la forma a la función
- Lo recicla todo
- Premia la cooperación
- Cuenta con la biodiversidad
- Demanda la tecnología local
- Frena los excesos desde dentro
- Saca partido de las limitaciones

Entre estas características los dos primeros aspectos justifican la necesidad de estudiar la energía solar como la fuente de energía privilegiada a captar en todo diseño naturalmente inspirado.

### **2.2.1. Fotosíntesis y energía solar**

La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas verdes y ciertas algas y bacterias toman dióxido de carbono, agua y luz y transforman todo ello en oxígeno y azúcares. De esta manera la energía solar, se convierte en energía química, fijando el carbono en compuestos orgánicos.

En la fotosíntesis, las plantas captan la energía solar para nosotros y lo almacenan en forma de combustible. Para liberar esa energía, se queman las propias plantas o productos vegetales ya sea internamente (en nuestras células, en el proceso metabólico) o externamente, con fuego (Benyus, 2012). En este proceso de quema de petróleo o carbón, se libera a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono fijados desde el periodo cretáceo, incrementando el problema del efecto invernadero. Pero mientras que las fuentes de energía fósil sigan siendo baratas, la sociedad adicta a la energía, parece estar dispuesta a despilfarrarla hasta que ya no quede nada (Benyus, 2012).

Ya en 1912 el profesor Giacomo Ciamician escribió en la revista *Science* sobre un mundo donde las chimeneas se derribarían para instaurar un nuevo modelo en el que se fotosintetizaría el combustible necesario, emulando “el secreto guardado de la naturaleza” (Benyus, 2012).

Los sistemas fotovoltaicos convierten la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Un proceso de similar inspiración se produce en cuanto la luz solar incide sobre las células fotovoltaicas y se produce la conversión. El módulo solar usa materiales semiconductores y capta los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en una corriente continua de electrones, es decir, en electricidad.

En estos sistemas se “usa” un recurso sin agotarlo, sin afectar su calidad ni cantidad para las generaciones futuras.

Sin embargo, la tecnología no ha llegado a lograr la eficiencia de la naturaleza. Las células fotovoltaicas están lejos de ser compactas y eficientes como en la naturaleza, porque el secreto de la fotosíntesis permanece guardado.

Entonces ¿si aún no es suficientemente eficiente la energía fotovoltaica tiene sentido incorporarla en la arquitectura?

La respuesta desde la visión ambiental es positiva e implica el análisis de ciclo de vida en especial desde la comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> de distintos sistemas de generación de energía.

Desde el punto de vista económico la experiencia acumulada de implementación de SFV da como resultado una curva de aprendizaje, tanto de cuestiones técnicas, estéticas y funcionales que tienden a bajar los costos, por lo que se vuelven más competitivos.

Otro problema de la generación fotovoltaica es la acumulación de la energía que genera. Hasta el momento la acumulación de la energía se realizó de forma química a través de baterías. Este sistema, totalmente adecuado para lugares sin infraestructura eléctrica (por ejemplo, el medio rural) resulta poco recomendado para entornos urbanos que cuentan con redes de energía por lo que se desarrollaron los sistemas conectados a red.

Pero dada la fluctuación diaria de la generación de energía solar, y los cortes de energía recurrentes en las ciudades de la Región, cuando sean más competitivos económicamente, sería deseable plantear sistemas híbridos (conectados a red, con respaldo de baterías de acumulación para casos de cortes del suministro).

Para considerar su incorporación resulta necesario contar con mayor información ambiental del ciclo de vida de las baterías, cuya tecnología seguramente irá mejorando en lo económico y ambiental.

### **2.3. Conceptualización de la “Intervenciones fotovoltaicas”**

Los mecanismos de incorporación de los sistemas FV en los edificios generalmente se clasifican en:

- BAPV (*Building Applied Photovoltaics*) Energía solar fotovoltaica aplicada en los edificios.
- BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*) Energía solar fotovoltaica integrada en los edificios.

Esta categorización se circunscribe a la cuestión tecnológico constructiva, que, si bien forma parte de la concepción arquitectónica, no la define en todas sus dimensiones.

La “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” en el marco del presente trabajo es considerada como un concepto amplio que interrelaciona forma, función y construcción (dentro de la cual se encuentra estructura, instalaciones y envolvente que podría ser BIPV o BAPV según el caso), con otras variables como ser significado, el contexto ambiental y sociocultural, la espacialidad, la practicabilidad, la habitabilidad y la condicionante normativa en una “nube” de aspectos que resultan necesarios fusionar sinérgicamente (ver Fig. 12).



Fig. 12: Concepto de “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”.

Fuente: Elaboración propia

A su vez, como se verá en el capítulo 5 la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” se inscribe en una red sociotécnica que interrelaciona otro tipo de variables, de carácter híbrido (social, cultural, técnico, económico, entre otros) que condicionan su implementación y principalmente las posibilidades de apropiación por parte del usuario.

## 2.4. Casos

Dentro de los distintos programas arquitectónicos se podría considerar a la vivienda como un punto de partida por su ligazón a las necesidades vitales con el individuo, la familia y la sociedad y sus consecuencias históricas. El habitar está antes de la cultura y la sociedad misma; la vital necesidad de protegerse de los peligros externos y de amparar el descanso nocturno y la convivencia familiar (Champion, 2003). Por ello se prioriza la vivienda, el espacio doméstico, como ámbito para la incorporación de SFV porque favorecería las posibilidades de “apropiación” de esta tecnología innovadora por el vínculo estrecho que propicia.

Pero la arquitectura no se agota en la vivienda, sino que requiere de otros edificios para las múltiples funciones que demanda el ser humano en sociedad. La ciudad no es una simple reunión de casa, como tampoco la sociedad es una simple reunión de familias. En la ciudad hacen su aparición los espacios y edificios públicos, generando una categorización del espacio arquitectónico entre lo privado y lo público (Champion, 2003).

A continuación, se realiza el análisis de casos de edificios que incorporan SFV que van de lo público a lo privado, seleccionando una cierta diversidad de posibles escalas de intervención además de las distintas estrategias de integración arquitectónica fotovoltaica.

Entre los edificios de uso público se seleccionaron equipamientos, edificios corporativos y edificios en altura.

En el ámbito del espacio privado se analizan casos de viviendas y de barrios. La casa, objeto físico, solo es una parte del hecho cultural vivienda, y se entiende en sus relaciones con el grupo humano que la habita y el contexto cultural en que está envuelto (Champion, 2003). La vivienda no es solo la protección de la intemperie, sino también el aislamiento de la sociedad,

lugar donde se desarrolla la vida íntima y secreta. El vínculo emocional del sujeto con su vivienda resulta tanto más fuerte que el de otros edificios que habita (oficina, escuela, taller, consultorio, etc.). Por ello una vivienda sostenible tiene un efecto demostrativo y educativo que difícilmente tenga otro espacio. Por ello se analizan dos casos de viviendas que incorporan SFV. Posteriormente se analizará la vivienda agrupada en barrios como caso de incorporación de SFV en donde se podría concretar una sinergia por la apropiación comunitaria de esta tecnología.

En todos los casos queda demostrado que resulta técnicamente viable generar energía en la envolvente de los edificios sin que se ponga en riesgo los aspectos morfológicos, conjugando diseños técnicos impecables con altos valores estéticos, basados en fuertes principios éticos ambientales y que el concepto “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” favorece las posibilidades de apropiación de esta tecnología.

#### **2.4.1. Espacios públicos**

##### **Porta Susa, Turín, Italia**

###### **Ficha técnica**

Año: 2013

Localización: Turín | Italia

Irradiación Global: 1.338 kWh/m<sup>2</sup>

Autor: Silvio d'Ascia Architecture con AREP y Agostino Magnaghi

Cliente | Promotor: RFI, Rete Ferroviaria Italiana

Superficie: 30.000 m<sup>2</sup>

Se trata de una de las estaciones de trenes de alta velocidad de la ciudad de Turín, Italia, con una longitud de 385 m y 30 m de ancho y varía en altura con respecto al nivel de la calle. En la Fig. 13 a la derecha, se puede observar que las vías del tren se encuentran soterradas dejando la galería acristalada para múltiples servicios públicos a nivel de la calle.

El volumen acristalado, que es la parte visible de la intervención a escala urbana, es una reinterpretación de las galerías urbanas del siglo XIX y representa el elemento característico del diseño, dado que se materializa a través de un sistema BIPV semi transparente.

Las células fotovoltaicas no sólo generan energía eléctrica para el edificio y la red eléctrica de la ciudad, sino que también protegen a los usuarios de la luz solar directa. Las células tienen como objetivo producir unos 680.000 kWh al año.



Fig. 13: Estación de Trenes Porta Susa, Turín, Italia.  
Fuente: (D'Ascia, 2014).



Fig. 14: Panel informativo de generación FV (izquierda) e imagen interior (derecha).  
Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la BIPV ha sido merecedor del Premio Eurosolar 2012, por el uso innovador de las células fotovoltaicas y del Premio Europeo de Diseño de Acero 2013, al tener una estructura metálica diseñada para incorporar armoniosamente el sistema de células FV.

En la Fig. 14 se observa a la izquierda un panel informativo con la generación de energía de la cubierta que obra de interfaz con el usuario señalando el carácter de usina fotovoltaica del edificio, que podría pasar desapercibido para el ciudadano distraído. Se informa datos como la energía diaria producida, la energía total producida y la reducción de emisiones de CO2 a partir de esta tecnología, lo que resulta un mecanismo de difusión de la conciencia ambiental de la población. A la derecha de la Fig. 14 se observa una imagen vivencial de un evento público llevado a cabo en la estación de trenes, demostrando que la ciudad se “apropia” de éste espacio para otras funciones sociales, además de la específica.

### Solar Plant Forum Barcelona

#### Ficha técnica

Año: 2004

Localización: Diagonal Mar | Forum | Barcelona | España

Irradiación Global: 1.526 kWh/m<sup>2</sup>

Autor: José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres Architects

Cliente | Promotor: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) | Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

Superficie: 5.600 m<sup>2</sup> intervención urbana general



Fig. 15: Solar Plant Forum, Barcelona.  
Fuente: (Martínez Lapeña & Torres, 2004)

Un caso de incorporación de un sistema fotovoltaico a gran escala en el espacio público lo representa la Solar Plant Forum Barcelona, construida en el 2004 en el marco del “Foro Universal de Culturas”, como parte de una intervención mayor, recuperando un sector antiguamente destinado a planta de tratamiento de alcantarillado del sector costero de Barcelona, España (ver Fig. 15).

La iniciativa fue promovida por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y llevada adelante por el equipo de arquitectos José Antonio Martínez Lapeña y Elías Torres. Un total de 2.686 paneles fotovoltaicos cubren la gran superficie, generando una potencia equivale a la que necesitan 1.000 hogares y a un ahorro en emisiones de dióxido de carbono de 440 toneladas al año. La tecnología utilizada es la Conexión a Red.

#### Parque de les Basses de Sant Pere, Barcelona

Otros ejemplos de intervenciones urbanas fotovoltaicas, en una escala más pequeña, lo representan el Parque de les Basses de Sant Pere construido en 2008, en Sant Just Desvern, Barcelona, España, por GCT- arquitectos, ver Fig. 16.

La cubierta está orientada al sur (orientación óptima en el hemisferio norte) con una inclinación de 10º respecto la horizontal, tiene una superficie total de 88 m<sup>2</sup> y consta de 40 módulos fotovoltaicos vidrio-vidrio, compuestos por 60 células policristalinas, cuya potencia es de 190 Wp cada módulo. La potencia total de la instalación es de 7,6 kWp. Se optó por vidrios templado de seguridad tipo 5+5 laminados.

Los módulos fotovoltaicos han sido diseñados manteniendo una distancia predeterminada entre las células para obtener un 15% de translucidez global.



Fig. 16: Parc de les Basses, Barcelona, España.  
Fuente: (GCT Arquitectes, 2008)

El proyecto con una estética agradable pretende lograr un efecto demostrativo de integración fotovoltaica en el espacio público urbano con una adecuada funcionalidad y promoviendo la difusión de las energías renovables. La apropiación se ve más favorecida por la escala barrial de la propuesta, propiciando la interacción directa del ciudadano con la tecnología FV.

#### 2.4.2. Edificios corporativos

##### Parque Tecnológico, Palmas Altas, Sevilla, España

Ficha técnica

Año: 2009

Localización: Sevilla | España

Irradiación Global: 1.787 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Arq. Richard Rogers - Arq. Luis Vidal & Asociados

Cliente | Promotor: Abengoa

Superficie 42.100 m<sup>2</sup> | 1.300 plazas de estacionamiento | 7 edificios

Un caso de integración arquitectónica FV en un edificio de gran superficie lo representa el Parque Tecnológico, Palmas Altas, que resultó del concurso internacional de ideas, para dotar

de un espacio innovador y vanguardista a Abengoa, empresa dedicada al sector energía desde la sostenibilidad. El Parque Tecnológico Palmas Altas está diseñado para ser un nuevo “referente” en arquitectura sostenible. Un proyecto que va más allá de las características típicas de un parque empresarial y busca convertirse en una auténtica comunidad compacta agrupada en torno a una plaza (Pastorelli, 2010).

Su construcción se llevó a cabo en el año 2009 siendo diseño de los Arq. Richard Rogers, Arq. Luis Vidal & Asociados. La superficie del emprendimiento es de 42.100 m<sup>2</sup> y posee un total de 1.300 plazas de estacionamiento. Se trata de un proyecto sumamente extenso constituido por siete (7) edificios de los cuales cinco (5) son para ser ocupados por oficinas de Abengoa y dos (2) por empresas subsidiarias, que generan una sinergia en el parque tecnológico. Los edificios son de 3 o 4 pisos.

Como puede observarse en la Fig. 17 en el diseño se tuvo en cuenta la continuidad espacial interior - exterior mediada por espacios semicubiertos, materializados en algunos casos con paneles fotovoltaicos y por jardines que rememoran la arquitectura vernácula andaluza dando una respuesta ambientalmente consciente a las condicionantes climáticas y culturales. Por ejemplo los colores seleccionados se inspiran en los azulejos tradicionales de la región.

Los paneles fotovoltaicos son una de las medidas activas propuestas en el diseño junto a la planta de trigeneración y un disco parabólico que transforma también la luz del sol en electricidad. Entre las medidas pasivas se destaca el uso adecuado de la luz natural, el estudio de la envolvente con doble piel de vidrio, el tamizado de la radiación solar mediante un parasolado vertical y la distribución de los bloques edilicios con mínimas exposiciones de las fachadas este y oeste y la protección de las fachadas orientadas al sur (crítica para el hemisferio norte). Los volúmenes han sido estudiados de manera que arrojen beneficiosas sombras entre ellos, minimizando las superficies de exposición directa.

Asimismo, se desarrolla un sistema de techos verdes con riego a partir de reutilización de agua de lluvia. También los techos de células fotovoltaicas resultan una estrategia pasiva, dado que se usan como protección de los atrios o de otros edificios para regular la ganancia solar excesiva.

En todo el proyecto se han aplicado varios criterios de ahorro energético, desde la configuración del partido, la implantación y la orientación, pasando por la geometría de los edificios, el diseño de la envolvente y la selección de materiales. El diseño individual de cada edificio y la disposición lineal de todos ellos, optimizan la protección solar del complejo, con lo que se reduce la cantidad de elementos secundarios para este fin. El proyecto resulta así, un modelo de edificios de oficina sostenible (Pilar, 2017).

Una de las principales intenciones de diseño es la conformación de un espacio social central plasmado en una plaza. El área de oficinas se complementa con otras funciones como ser guardería, restaurante, centro médico, gimnasio, zonas deportivas y un sector comercial.

Las estrategias de sustentabilidad implementadas permitieron que la obra certifique Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) nivel Platino en el año 2015, así como la obtención de otras distinciones y premios.



Fig. 17: Parque Tecnológico, Palmas Altas, Sevilla, España.  
Fuente: (Rogers, Stirk, Harbour + Partners, 2009)

En esta propuesta se logra la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” en un espacio de trabajo, que es donde se pasa gran parte del día, considerando todos los aspectos inherentes que favorecen la apropiación por parte de los usuarios de la implementación tecnológica.

#### **Edificio de SMA Solar Academy, en Niestetal, Alemania**

##### Ficha técnica

Año: 2007 – 2010

Localización: Niestetal | Alemania

Irradiación Global: 1.001 kWh/m<sup>2</sup> (dato de Kassel, localidad cercana)

Profesionales: HHS Planer + Architekten AG

Cliente | Promotor: Solar Academy,

Superficie 1.600 m<sup>2</sup>

Dentro de la misma tipología el Edificio de SMA Solar Academy, en Niestetal, Alemania, representa un ícono de la energía solar FV. Construido en 2010, de carácter futurista diseñado por el estudio de arquitectura HHS Planer + Architekten AG, se encuentra independizado de la red mediante un suministro de energía renovable compuesto por una planta fotovoltaica auxiliada por otra de cogeneración de biogás (es decir, en términos técnicos no es un sistema conectado a red).

En la Fig. 18 a la izquierda se puede observar la morfología general de la propuesta sobreelevada en pilotes que aumenta la “ligereza visual” de la propuesta. A la derecha se percibe la espacialidad que le otorga la fachada fotovoltaica translúcida al interior del edificio, que además favorece las posibilidades de “apropiación” por su proximidad con el usuario.

En la parte inferior de la figura una vista panorámica del edificio que adapta su forma al recorrido aparente del sol y en la que la envolvente (cerramiento vertical y techo) además de cumplir sus funciones inherentes, se transforma en un colector solar.



Fig. 18: SMA Solar Academy, en Niestetal, Alemania.  
Fuente: (Hegger, Hegger & Schleiff, 2010)

### Laboratorios Genyo

#### Ficha técnica

Año: Proyecto 2008 – Construcción 2010

Localización: Granada España

Irradiación Global: 1.780 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Planho

Cliente | Promotor: Fundación Progreso y Salud

Superficie 5.633 m<sup>2</sup>

De acuerdo a los autores el edificio para el Centro de Genómica e Investigación Oncológica de la fundación responde a tres condicionantes:

- El terreno, sus características urbanísticas y su situación en el Campus de la Salud de Granada;
- El Programa Funcional preciso pero abierto a posibilidades de organización, crecimiento y puesta en funcionamiento;
- La cuestión tecnológica de incorporación de un SFV destacando la concepción de sus fachadas, de gran contundencia formal, mediante la integración de paneles fotovoltaicos.



Fig. 19: Fachada fotovoltaica del Edificio Genyo en Granada, España.  
Fuente: (Planho, 2010).

La instalación es una doble piel que genera una imagen “pixelada” con vidrios de diferentes tonos. La superficie fotovoltaica es de 550 m<sup>2</sup>, de módulos de silicio amorfo, con un 20% de semitransparencia. La capacidad instalada es de 19.3 kWp, generando 32.000 kWh de energía al año.

En estos tres edificios se observa el mensaje de compromiso ecológico que significa optar por la tecnología FV para la construcción las sedes corporativas y la posibilidad de transmitir a mayor escala los principios de compromiso con el ambiente hacia los empleados, clientes y la sociedad en general.

#### 2.4.3. Edificios en altura

##### **Torre Garena, Alcalá de Henares, Madrid, España**

###### Ficha técnica

Año: Proyecto 2003 – Construcción 2005

Localización: Alcalá de Henares | España

Irradiación Global: 1.561 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Joaquín Pallas y Gonzalo Bárcenas

Cliente | Promotor: CASABELLA Proyectos Inmobiliarios S.A.

Superficie 6.411 m<sup>2</sup>



Fig. 20: Torre Garena en Alcalá de Henares, Madrid, España.

Fuente: (Maado, 2003).

El edificio de 71 metros de altura se compone de 17 niveles de los cuales 14 son de oficinas, la planta baja dedicada al vestíbulo, la entreplanta dedicada a instalaciones técnicas, y finalmente la terraza en lo alto de la torre donde se ubica una cafetería y sala de bailes y actuaciones.

La torre en su fachada sur (la de mayor radiación solar en el hemisferio norte) propone un sistema de paneles fotovoltaicos (ver Fig. 20) y la energía generada se utiliza para diversas tareas en el propio edificio, haciéndolo así ecológico. La instalación fotovoltaica se compone de 882 paneles organizados de la siguiente forma (APrA, 2014):

- Fachada Sur: 720 módulos opacos rectangulares modelo BP380s organizados en 48 hileras con 15 módulos cada una.
- Cubierta: 72 módulos opacos rectangulares modelo BP380s y 90 módulos cuadrados transparentes modelo glass-glass.

El CTE, en función de la zona climática y la superficie del edificio, marca una potencia pico mínima a instalar. Torre Garena debería tener un mínimo de 12,10 kWp, pero se han instalado 75,84 kWp (APrA, 2014).

Según los autores, la construcción del Parque de Negocios Garena-Plaza supone la creación de un nuevo espacio de actividad económica y ocio en la zona oeste del municipio de Alcalá de Henares. El conjunto se articula en torno a una gran plaza central ajardinada concebida como espacio de relación del que participan el edificio de oficinas, los locales destinados a ocio y restauración, así como la zona residencial próxima.

Inicialmente se pensó en la construcción de cuatro torres, de las cuales se ha construido una. La inversión en la instalación fotovoltaica supuso un desembolso de 564.000 Euros, para la estructura de la fachada sur y la cubierta se invirtieron aproximadamente 500.000 Euros, a través de un préstamo ICO – IDEA (López & Lill, s.f.).

Los datos técnicos de la implementación tecnológica se muestran en la Tabla 11. En la Tabla 12 se transcriben los datos de mediciones realizadas entre abril de 2006 y noviembre de 2007.

Número de Módulos	882
Potencia total	75,84 KWP
Energía generada (aprox)	98.580 KWh/año

Tabla 11: Datos Técnicos del SFCR de la Torre Garena  
Fuente: (López & Lill)

Energía Generada	152.843 KWh
Reducción de CO <sub>2</sub>	99.248 kg

Tabla 12: Datos generación período 2006/2007 Torre Garena  
Fuente: (López & Lill)

### Rascacielos Intesa Sanpaolo

#### Ficha técnica

Año: Proyecto 2006 – Construcción 2015

Localización: Turín | Italia

Irradiación Global: 1.338 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Renzo Piano

Cliente | Promotor: Intesa San Paolo (Banco de Italia).

Superficie 6.000 m<sup>2</sup>

Se trata de las oficinas de la entidad financiera “Intesa Sanpaolo”, ubicado en Turín, Italia, obra del reconocido arquitecto italiano Renzo Piano. Inaugurado en el año 2015, se encuentra ubicado contiguo al espacio verde público denominado “Giardino Nicola Giosa”, que en el marco de la intervención ha sido mejorado y transformado.

La torre de 166 metros de altura se divide en 3 partes. En el subsuelo se encuentran los estacionamientos, los servicios, un jardín de infantes y restaurante para los empleados. El desarrollo es de 26 pisos de oficinas. El remate es un “invernadero bioclimático”, espacio público de servicios abiertos como ser restaurante y sala de exposiciones (ver Fig. 21 a la derecha).

Ha obtenido la certificación LEED Platino, en función de los múltiples aspectos de sostenibilidad que contempla. La fachada orientada hacia el sur (orientación expuesta para Italia) está enteramente cubierta por células fotovoltaicas (1.600 m<sup>2</sup>) como puede observarse en la Fig. 21. El agua caliente se produce por un sistema de colectores solares.

De acuerdo a la información del propio autor disponible su sitio web (Piano, s.f.) este proyecto es tanto un laboratorio ambiental / social como un proyecto urbano. El autor considera que el edificio es el resultado de una investigación avanzada destinada a aprovechar las fuentes naturales de energía circundantes (agua, aire, luz solar) para limitar el consumo general.



Fig. 21: Fotografías del Rascacielos Intesa Sanpaolo, de Renzo Piano.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.4. Viviendas

##### Solar Umbrella House

###### Ficha técnica

Año: 2006

Localización: Venice | California | Estados Unidos

Irradiación Global: 1.825 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Arq. Lawrence Scarpa y Arq. Angela Brooks

Cliente | Promotor: Vivienda de los autores

Superficie: Superficie original 60 m<sup>2</sup>

Superficie total luego de la ampliación 170 m<sup>2</sup>

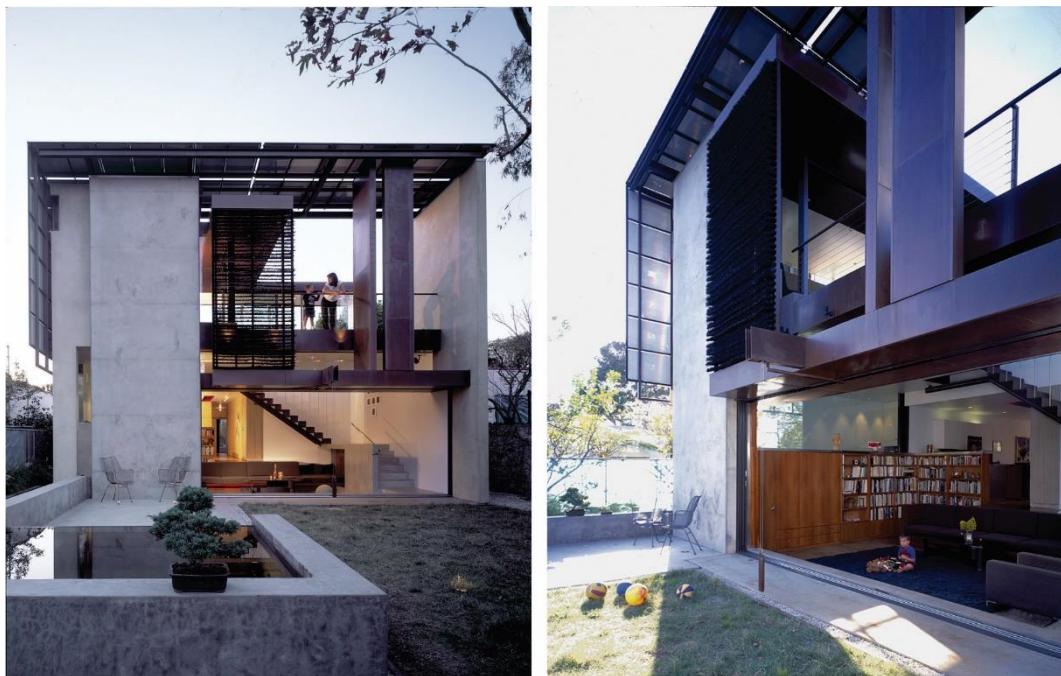


Fig. 22: Solar Umbrella House, Venice, California, EE.UU.  
Fuente: (Brooks & Scarpa, s.f.)

Los SFCR pueden ser usados en remodelaciones, como es el caso del Solar Umbrella House, vivienda particular de los autores de la obra, Arq. Lawrence Scarpa y Arq. Angela Brooks, que remodelaron y ampliaron un bungalow construido en el año 1923, ubicado en Venice, California, Estados Unidos.

Se inspira en la “casa paraguas” de Paul Rudolph de 1953, llevando la protección solar a un nuevo nivel conceptual en la que el amparo solar de diseño pasivo, es al mismo tiempo una generación activa de energía. Eso da como resultado una vivienda energéticamente neutral.

Los arquitectos eligieron paneles solares policristalinos, de color azul vivo, tratados como objetos de arte, generando una continuidad entre el techo y una fachada.

El parasol caracteriza el diseño, le otorga significado y materializa la intención principal referida a la sostenibilidad ambiental general de la propuesta. Los límites entre el adentro y el afuera se desdibujan permitiendo el disfrute del espacio exterior prácticamente todo el año como puede observarse en la Fig. 22. El sistema de módulos fotovoltaicos se encuentra conectado a la red y la inversión inicial se amortizó relativamente rápido, convirtiendo a los arquitectos-usuarios en prosumidores (Toffler, 1980).

Además de la energía solar fotovoltaica la casa incluye sistemas de retención de agua, reutilización de materiales, entre otros aspectos tendientes a la sustentabilidad ambiental. El diseño considera a la sustentabilidad como una dimensión ineludible y transversal de diseño, dando como resultado una armónica respuesta entre lo construido y la naturaleza. Un proyecto integral, holístico, demostrativo y ecológicamente militante (Pilar, 2017).

La apropiación de la tecnología se ve favorecida por la Integración arquitectónica del SFCR.

### RK1 Living Homes Santa Mónica | California | EE.UU.

Localización: Santa Mónica | California | EE.UU.

Irradiación Global: 1.825 kWh/m<sup>2</sup>

Profesionales: Ray Kappe + Du Architects

Cliente | Promotor: Living Homes

Superficie 240 m<sup>2</sup>

4 dormitorios – 2,5 baños. Posible ampliación a 5 habitaciones.

Es la primera vivienda diseñada Ray Kappe para LivingHome y posee la calificación LEED platino. Incorpora diversos criterios de sustentabilidad ambiental:

- Materiales naturales no contaminantes.
- Construcción prefabricada, bajo impacto en el sitio, minimiza desperdicios y asegura la calidad.
- Reutilización de aguas grises y recolección de agua de lluvia.
- Baja demanda hídrica de la cobertura vegetal (especies autóctonas).
- Madera certificada FSC.

Además de todos estos criterios relacionados con estrategias pasivas, propone estrategias ambientales activas a través de energía solar, tanto térmica como fotovoltaica en un sobretecho que potencia el uso de una terraza como se observa en la Fig. 23.

Este uso del SFCR también favorece la apropiación de la tecnología, a través de un espacio útil para los usuarios.



Fig. 23: Living Homes RK1 Santa Mónica, California, EE.UU.  
Fuente: (Meinhold, 2011).

#### 2.4.5. Barrios

Los conjuntos habitacionales o barrios son tipologías urbanas que agrupan viviendas similares, de rasgos comunes o idénticas, que conforman una unidad.

Estos conjuntos pueden o no incluir otras actividades, ya sea de forma planificada o espontánea, siendo frecuente que los vecinos usen parte del espacio residencial para fines productivos como ser comercios, consultorios u oficinas profesionales. El barrio como

tipología urbano-arquitectónica posee características que por una parte favorecen y por otra condicionan la 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).
- Economía de escala.
- En general son viviendas individuales con un solo propietario, lo que favorece la implementación y posteriormente la facturación (si bien existen otras tipologías como por ejemplo los monoblock o edificios en torre).
- Representa un alto porcentaje de la superficie construida de las ciudades de la Argentina y en particular de la región NEA.
- Son planificados participando en su diseño y construcción profesionales de la arquitectura<sup>4</sup>, 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 conformación de entidades intermedias que favorezcan la interacción comunitaria para la promoción, implementación y apropiación de este tipo de iniciativas (y otras que tengan por objeto mejorar la calidad de vida).
- En general las áreas de techos, supera la superficie necesaria para abastecer alrededor del 50% de la demanda energética.

Entre los aspectos negativos se puede señalar que:

- La vivienda posee una curva de consumo que no coincide exactamente con la curva de generación solar (característica común a cualquier tipología de vivienda).
- 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.

A modo ilustrativo se analizará un caso de implementación de sistemas fotovoltaicos en un barrio de Alemania y en un barrio construido de Argentina (San Luis). Se señala también la construcción en curso en el barrio 31 de la CABA.

### **Aldea Solar, Friburgo, Alemania**

"Solarsiedlung" que significa "Aldea Solar" se ubica en el distrito de Vauban en la ciudad de Friburgo, Alemania y se ubica al sur de la ciudad (ver Fig. 24). Se trata de "un distrito modelo sostenible" construido en el sitio de una antigua base militar francesa que lleva el nombre de Sébastien Le Prestre de Vauban, mariscal francés del siglo XVII que construyó fortificaciones en Friburgo mientras la región estaba bajo el dominio francés.

En la Fig. 25 se señala a la derecha, con el número 17, la ubicación de la Aldea Solar, proyectada por el arquitecto Rolf Disch que cuenta con 59 edificios residenciales, incluidos

---

<sup>4</sup> En Argentina gran parte de la producción del hábitat se realiza sin asesoramiento profesional, menos aún con la posibilidad de contar con equipos interdisciplinarios.

nueve penthouses sobre el edificio comercial denominado "Sun Ship" o "Nave Solar", que puede observarse a la izquierda de la Fig. 26.

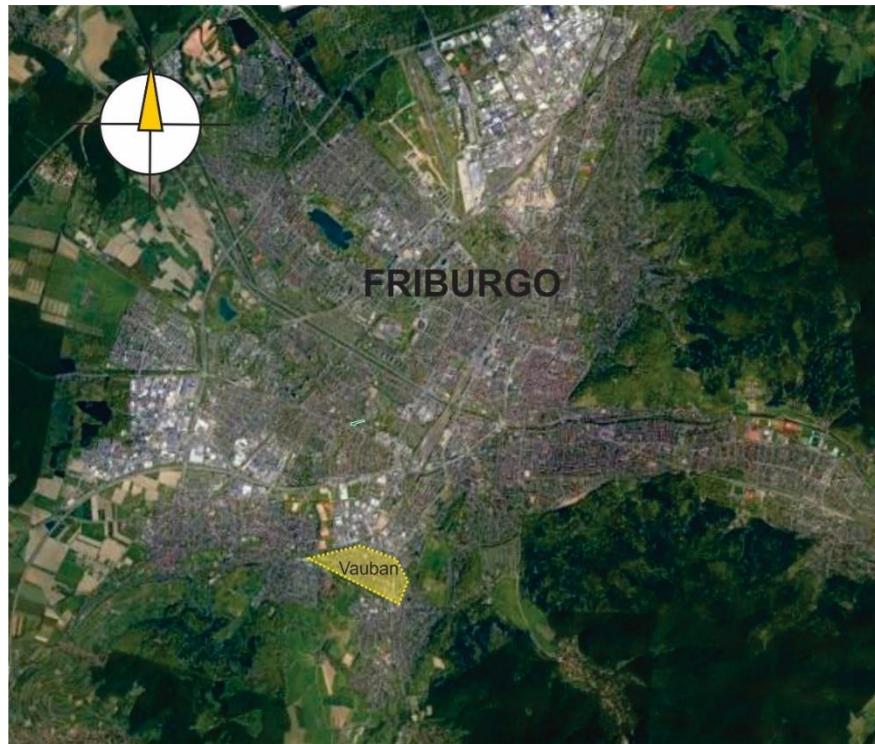


Fig. 24: Ubicación del distrito de Vauban en Friburgo, Alemania.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora. Sin escala.



Fig. 25: Distrito de Vauban donde se señalan los principales hitos sostenibles.  
Fuente: (Freiburg-vauban, s.f.), intervenido gráficamente por la autora. Sin escala.



Fig. 26: Planimetría de la Aldea Solar.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora. Sin escala.



Fig. 27: Fotografía de la Aldea Solar.  
Fuente: (Disch, 2018)

Todas las casas están construidas en madera y con materiales de ambientalmente consistente y saludable. Están cubiertas con grandes techos de módulos fotovoltaicos (Fig. 27).

La región donde se ubica Friburgo es la más soleada de Alemania, con una Irradiación Global de 1.134 kWh/m<sup>2</sup>, similar a la de Puerto Deseado en la Patagonia Argentina (con una irradiación global de 1.193 kWh/m<sup>2</sup>). La instalación de 445 kWp genera alrededor de 420.000 kWh de energía solar por año.

Bajo la Nave Solar se ubica un estacionamiento subterráneo que evita la circulación de automóviles en el barrio, lo que se complementa con un sistema bien organizado para compartir automóviles. La Aldea Solar constituye un caso de estudio paradigmático en el que se integró la generación fotovoltaica con otros principios de diseño sostenible y con una propuesta diversa en cuanto a precios de las unidades habitacionales (Disch, 2018).

La construcción, financiación y comercialización fue realizada por una empresa de desarrollo de propiedades dedicada a este tipo de emprendimientos. Parte de la comercialización se realizó a través de distintos fondos destinados al fomento de la energía solar y el desarrollo inmobiliario.

Por su parte la “Nave Solar” es el centro de servicio de la Aldea y el primer edificio comercial *PlusEnergy* (que genera más energía que la que consume). Tiene una extensión de 125 metros y se ubica de forma paralela a la calle principal. Su disposición favorece su función de barrera de sonido entre la calle y la comunidad de viviendas que se ubican del lado opuesto. En el techo verde de la Nave Solar se construyeron nueve exclusivos *penthouses* de tres niveles. Por debajo de la Nave Solar hay dos plantas subterráneas en la que se disponen bauleras y garaje con 138 vehículos. En el extremo norte de la Nave Solar se ubica el famoso instituto *Ökoinstitut e.V.* (EcoInstitute).

En la planta baja del edificio principal hay grandes áreas comerciales (1.200 m<sup>2</sup>), con un eco-supermercado, comercios y Banco. En los dos pisos superiores se ubican oficinas, estudios y consultorios. La Nave Solar proporciona la infraestructura para un área de influencia directa de aproximadamente 25.000 personas. Muchos de los negocios que se han instalado en el edificio poseen una tendencia hacia la sostenibilidad, y así se convirtió en un importante motor económico y ecológico para la región.

El éxito de esta iniciativa no solo se basa en aspectos técnicos y arquitectónicos, sino sobre todo en un proceso de gestión llevado adelante por el Gobierno de Friburgo que creó una serie de instituciones permanentes que permitieron la coordinación y el trabajo transversal entre diferentes áreas del gobierno local (junto a otras entidades públicas nacionales) (Gervasi, 2010).

En primer lugar el “Grupo Proyecto Vauban” (el órgano administrativo donde las autoridades locales implicadas en el proceso coordinan su actividad) y el “Comité Vauban del Ayuntamiento de Friburgo” (espacio de intercambio de información, debate y preparación de la toma de decisiones que corresponde al Ayuntamiento). Estas dos instituciones son las más importantes del proceso junto con Forum Vauban (Gervasi, 2010).

En la Fig. 28 se muestra las diferentes entidades participantes en el proceso, que puede verse como un entramado sociotécnico. La apropiación de esta implementación tecnológica se da tanto individual como comunitariamente. A su vez se transforma en un emblema de la ciudad que la posiciona como referente, lo que fortalece la identidad social.

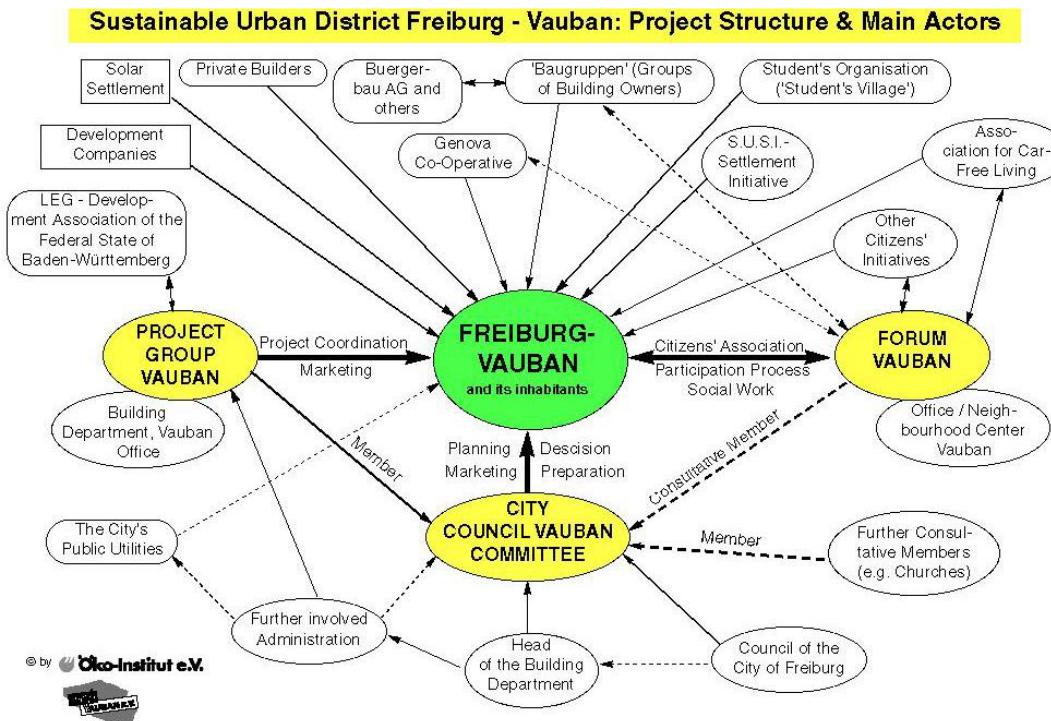


Fig. 28: Entidades participantes en el proceso de la construcción de Friburgo.

Fuente: Ókoinstitut e.V. citado en (Gervasi, 2010)

### Barrio Bioclimático, San Luis

En el ámbito nacional se ha identificado como caso construido de conjunto habitacional que incorpora el uso de la energía solar fotovoltaica, el denominado “Barrio Bioclimático” construido en San Luis, una de las pocas provincias del país que no cuenta con instituto de vivienda.

Se inauguró en agosto de 2015 habiendo sido construido por un convenio entre Gobierno provincial y el Sindicato Judiciales Puntanos, en el sector Noroeste de la ciudad (Fig. 29).

La irradiación global de San Luis es de 1.763 kWh/m<sup>2</sup> (similar a la de la Región Nordeste de la Argentina).

Se trata de 33 viviendas apareadas que se ubican en la intersección de la Av. Fuerza Aérea y Granaderos Puntanos (ver Fig. 30) dispuestas linealmente en el predio recuperado de la ex SCAC (Fábrica de la Sociedad de Cemento Armado y Centrifugados S.A.).

De acuerdo a la información periodística entre los principios de diseño sostenible aplicados se destaca:

- Sistema Fotovoltaico conectado a red (con medidor bidireccional).
- Equipos termosolares para agua y calefacción por losa radiante.
- Alta aislación térmica en paredes, techos y aberturas con doble vidriado hermético (DVK).
- Reducción de consumo de agua.
- Iluminación LED.



Fig. 29: Ubicación del Barrio Bioclimático en la ciudad de San Luis, Argentina.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora.



Fig. 30: Planimetría del Barrio Bioclimático.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora.



Fig. 31: Fotografías de las viviendas del Barrio Bioclimático en San Luis.  
Fuente: Izquierda: Agencia de noticias San Luis y Derecha: InfoMerlo.

De acuerdo a los planificado, luego de su inauguración se incluiría un sistema de separación de residuos, forestación y cobertura vegetal (Origlia, 2016). En la Fig. 31 a la izquierda se observa el conjunto de viviendas y a la derecha los paneles fotovoltaicos ubicados al acceso (2 por vivienda, de acuerdo a la imagen).

Si bien fueron inauguradas en agosto de 2015 y habitadas a fin de ese año, de acuerdo a los diarios locales (República, 2018) el sistema fotovoltaico nunca funcionó por carencias y desperfectos de las instalaciones. Por ello la nueva gestión del gobierno provincial (que asumió a fines de 2015) realizó una inversión de \$ 3.669.633,73 (República, 2018) para solucionar problemas de construcción y culminar las instalaciones.

A principios de 2018 se habían cumplimentado cuestiones edilicias, pero estaba pendiente la instalación fotovoltaica de 25 viviendas, dado que el barrio se inauguró solamente con 8 SFV. El equipamiento fue importado y habiéndose demorado la incorporación del sistema la instalación debió realizarse con los vecinos habitando las viviendas con los inconvenientes que ello conlleva (coordinación de horarios, molestia en la vida cotidiana, intromisión del personal de la empresa en la privacidad del hogar, etc.).

En este caso se observa la intención de realizar una propuesta bioclimática o sostenible, que no logra concretarse en la realidad por diversas cuestiones de índole político, económico y técnico, es decir, en síntesis, por no haberse tenido en cuenta un modelo sociotécnico de implementación que asegure la sustentabilidad de la propuesta.

### **Barrio 31, CABA**

Se encuentra en construcción pabellones de viviendas en La Villa 31, el asentamiento precario más famoso de la Argentina. La propuesta contempla un diseño bioclimático, eficiencia energética y provisión de energías renovables (tanto térmica como fotovoltaica).

La instalación fotovoltaica de generación de energía distribuida se integra a las cubiertas y permitirá significativos ahorros en la facturación y, cuando la ciudad cuente con normativa específica, será factible la inyección a red (Eyras, Spain & Zanetti, 2018).

Todas aquellas acciones, instalaciones e infraestructuras tendientes a reducir los costos de vida en las viviendas, aunque esto tenga como contraparte una mayor inversión inicial del estado, facilitará una verdadera reinserción del tejido social villero, en términos de una sustentabilidad duradera (Eyras, Spain & Zanetti, 2018). La experiencia es prometedora, siempre y cuando se tenga en cuenta la dimensión sociotécnica de la implementación.

## **2.5. Experiencia en Argentina**

En el contexto nacional las indagaciones sobre la incorporación de energía solar en los edificios, se encuentran retrasada en relación al escenario internacional. A continuación, se señalan las experiencias consideradas destacadas de implementación de SFCR en el territorio nacional.

### **2.5.1. Concurso de ideas**

Con el objetivo de incentivar la reflexión-acción sobre la incorporación de SFCR en áreas urbanas (lo que denota un especial énfasis en sistemas conectados a red) por iniciativa de la

Agencia de Protección Ambiental (APrA) del Ministerio de Ambiente y Espacio Público de la ciudad de Buenos Aires, organizado por la Sociedad Central de Arquitectos y auspiciado por la Federación Argentina de Entidades de Arquitectos, en el año 2014 se convocó al “Concurso Nacional de ideas para la incorporación de sistemas fotovoltaicos en áreas urbanas”. Para participar en el mismo era condición realizar el Seminario “Intervenciones urbanas con energía solar fotovoltaica”.

El resultado del concurso resulta elocuente en cuanto al nivel de desarrollo de la energía fotovoltaica en el país, dado que en la categoría profesionales el 1º Premio resultó desierto. El Jurado fundamentó esta decisión *“debido a que ninguna de las propuestas alcanza el mínimo de sentido, originalidad o resolución necesarios para merecer este galardón”*.

En cuanto al 2º Premio de la categoría profesionales el jurado seleccionó la presentación que propuso elementos urbanos ubicados en un parque de la ciudad (Parque Patricios), con una estructura arborescente que sostiene los paneles para la carga eléctrica de elementos particulares y una estación de wi-fi, como se observa en la Fig. 32.

Según la crítica del jurado *“La propuesta es perfectamente pasible de ser repetida pero no excede de la corrección técnica en la propuesta del elemento que por otro lado se lo propone con una orientación que no es la óptima para esta ciudad”*.

En la Fig. 33 se observan los detalles técnicos de la propuesta, donde se evidencia que los módulos fotovoltaicos no se encuentran orientados al norte (orientación azimutal óptima), sin ningún tipo de justificación aparente, en función a lo que se puede interpretar de la lámina. La inclinación tampoco resultaría la óptima, dado que para Buenos Aires la inclinación sería ideal sería aproximadamente de 35º y se propone de 45º.

En la categoría Estudiantes se otorgó el 1º Premio a la propuesta denominada “Agua – Viva” (ver Fig. 34), considerado por el jurado como un trabajo que resuelve ejemplarmente y con gran síntesis la elección del sitio, el uso propuesto, el desarrollo de la idea y la resolución técnica.

La potente imagen se mueve entre una gran precisión técnica (el uso del panel fotovoltaico propuesto aprovecha el 100% de la generación eléctrica sin necesidad de acumulador) y una imagen de potente poética en el diseño del paisaje.

La distribución de los elementos de bombeos resulta útiles para la oxigenación del agua del riachuelo y además otorgan una nueva imagen para un sector degradado del paisaje de la ciudad. El Jurado pondera el concepto de que la generación de la energía se utilice en una experiencia concreta logrando cerrar un círculo sostenible e ingenioso.

El 2º Premio, de la categoría estudiantes se otorgó a la propuesta de una gran cubierta sobre un espacio público, considerando que es interesante su resolución técnica y escala, y el uso de los elementos fotovoltaicos hace de este elemento urbano una pieza de infraestructura en el corazón de la ciudad, reforzado por el carácter de los elementos soportantes (ver Fig. 35).

En función de la presentación gráfica realizada se infiere una generación eléctrica que excede el consumo de este espacio urbano, por lo cual se ve al conjunto como un elemento de generación conectado a la red. No se percibe en esta propuesta una síntesis entre la idea arquitectónica y el uso de los paneles fotovoltaicos que se potencie como un todo.

implantación  
parque patricios - caba  
distrito tecnológico



equipamiento urbano  
estación de carga eléctrica y conectividad  
a internet para dispositivos móviles

## memoria descriptiva

## El sitio

A partir del impulso que recibe esta zona con la creación del distrito tecnológico, se establecen más de 100 empresas e instituciones tecnológicas con buena conectividad a internet.

Estratégicamente propicio para la aplicación a pequeña escala de sistemas fotovoltaicos, que permitan familiarizarse con este tipo de energía a partir de su uso y experiencia en espacios públicos. La obtención y aplicación de energía fotovoltaica se hacen concretas en el mismo lugar, favoreciendo la difusión del concepto de energía limpia y aproximándola a usos cotidianos.

## La propuesta

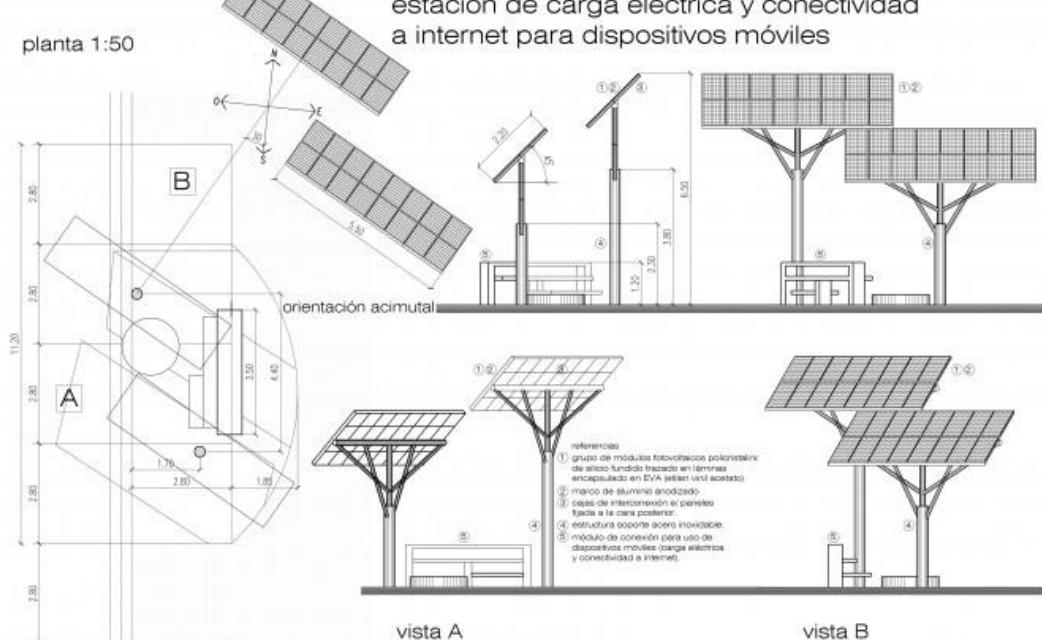
Consta de 2 elementos:

- 1.- grupo de módulos fotovoltaicos policristalinos con conexión a red.
    - potencia nominal aprox. 2.8KWP
    - rendimiento aprox. 14%
    - sup. módulos 20m<sup>2</sup>, costo aprox. U\$S 3000.-
  - 2.- módulo de conexión para carga de dispositivos móviles
    - mobiliario urbano de H<sup>2</sup>O<sup>2</sup>
    - conexión eléctrica con el grupo fotovoltaico y conectividad a internet.
    - protección solar: aprovechamiento del sombreado producido por el módulo en areas de espacamiento.
    - sistema de información del progreso instantáneo de obtención de energía (Volts, Amperes, Watts, etc.)

Fig. 32: Segundo premio, categoría profesionales.  
Fuente: Sociedad Central de Arquitectos.

planta 1:50

equipamiento urbano  
estación de carga eléctrica y conectividad  
a internet para dispositivos móviles



concurso nacional de ideas - sistemas fotovoltaicos en áreas urbanas

Fig. 33: Detalles tecnológicos del segundo premio, categoría profesionales.  
Fuente: Sociedad Central de Arquitectos.

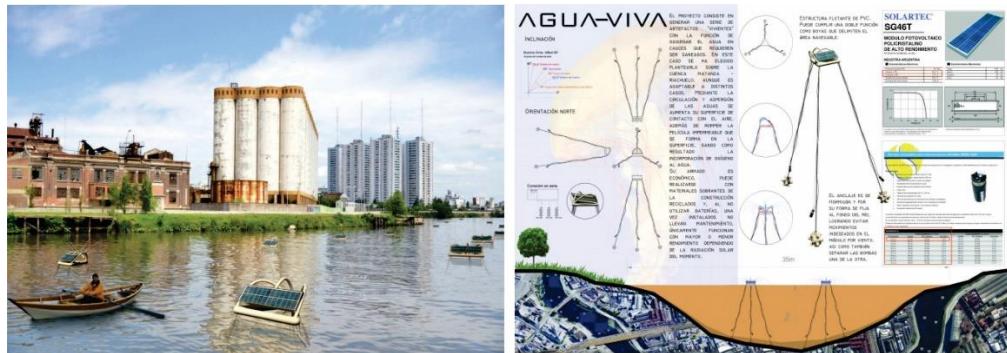


Fig. 34: Primer premio, categoría estudiantes.  
Fuente: Sociedad Central de Arquitectos.



Fig. 35: Segundo premio, categoría estudiantes.  
Fuente: Sociedad Central de Arquitectos.

Esta situación nacional contrasta fuertemente con concursos internacionales que se realizan al menos desde el año 2005 como es el caso del “Solar Decathlon”, patrocinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y el Laboratorio Nacional de Energías Renovables. El objetivo es la construcción de una vivienda valoradas a partir de diez criterios (arquitectura, ingeniería, capacidad comercial, comunicación, confort, funcionamiento de electrodomésticos, agua caliente, iluminación, balance energético y movilidad). Se realizó en Washington, Madrid, Cali, China, África, en todos los casos fueron numerosos los equipos presentados y sobresalientes los resultados obtenidos<sup>5</sup>.

### 2.5.2. La experiencia del consorcio IRESUD

En el ámbito nacional uno de los principales antecedentes para el fomento e implementación de los SFCR es el Consorcio IRESUD a través del Proyecto “Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos”, FONARSEC - convocatoria FITS 2010 – Energía Solar.

El consorcio público – privado IRESUD, se conforma por distintos actores como ser CNEA – Dpto. Energía Solar, UNSAM – Esc. C&T y GESTEC-Esc. E&N, Aldar S.A., Edenor S.A., Eurotec S.R.L., Q-Max S.R.L., Tyco S.A y la Universidad Nacional del Nordeste (encargada

<sup>5</sup> Para más información ver Department of Energy, U.S. (s.f.). Solar Decathlon.

de coordinar el trabajo de instituciones públicas del Norte), sumando un total de 34 instituciones (Eyras, Durán, Parisi, & Eyras, 2016).

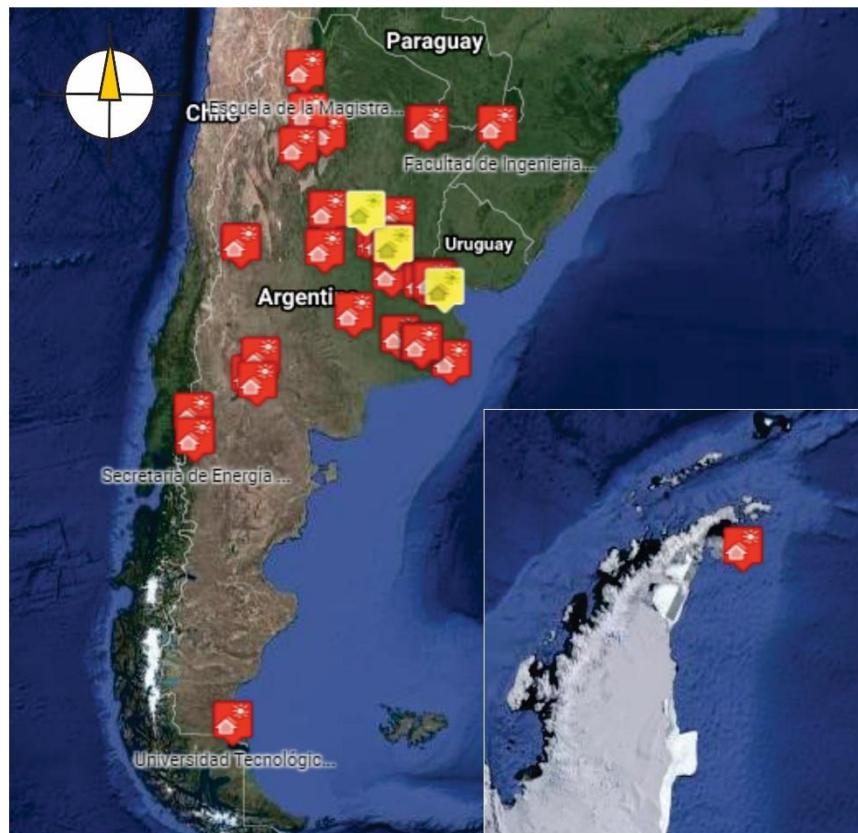


Fig. 36: Proyectos del Consorcio IRESUD implementados.  
Fuente: <https://iresud.com.ar/installaciones> editado por la autora, sin escala.

El proyecto tuvo por objeto introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica, en áreas urbanas y periurbanas, de sistemas solares fotovoltaicos distribuidos, contemplando para ello cuestiones técnicas, económicas, legales y regulatorias.

La construcción de los distintos nodos experimentales tuvo por objetivo asegurar la federalización de los sistemas fotovoltaicos, adecuándolos a las condiciones meteorológicas específicas y de la red eléctrica de cada provincia en particular, resolviendo su inclusión dentro de la matriz de distribución en baja tensión.

En la Fig. 36 se señalan sobre el territorio nacional las plantas piloto construidas en organismos de Ciencia y Técnica del país y en organismos públicos o privados (Eyras & Duran, 2013). Hasta la finalización del proyecto se instalaron un total de 55 sistemas con una potencia total de aproximadamente 179 kWp, ubicados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 16 provincias, incluyendo una instalación en la Base Marambio, Antártida Argentina (Eyras, Durán, Parisi & Eyras, 2016).

### La experiencia IRESUD en la Región Nordeste

A través del Consorcio IRESUD en la Región Nordeste de Argentina se implementaron 4 SFCR que se detallan a continuación en la Tabla 13.



Fig. 37: SFCR implementado en la Facultad de Ingeniería de la UNaM.

Fuente: (IRESUD, s.f.).

Provincia	Institución	Potencia instalada	Descripción
Misiones	Facultad de Ingeniería UNaM	2,88 kWp.	12 módulos FV de 240 Wp c/u
Corrientes	Campus Deodoro Roca UNNE	6,72 kWp	28 módulos FV de 240 Wp c/u
Corrientes	Secretaría de Energía de Corrientes	2,58 kWp	12 módulos FV de 215 Wp c/u
Chaco	Campus de la Reforma UNNE	2,88 kWp	12 módulos FV de 240 Wp c/u

Tabla 13: Instalaciones de SFCR en la Región NEA realizadas por IRESUD

Fuente: (IRESUD, s.f.).

En la Fig. 37 se observa el SFCR de 12 módulos FV implementados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Oberá. La irradiación global de Posadas (localidad cercana de la cual se tiene datos) Corrientes es de 1.768 kWh/m<sup>2</sup>.

En la conurbación Resistencia – Corrientes se implementaron tres (3) SFCR como se observa en la Fig. 38. En la Fig. 39 se observa a la izquierda una pérgola construida en el acceso de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA) y a la derecha la cobertura de un patio en el edificio de la Secretaría de Energía de la provincia de Corrientes.

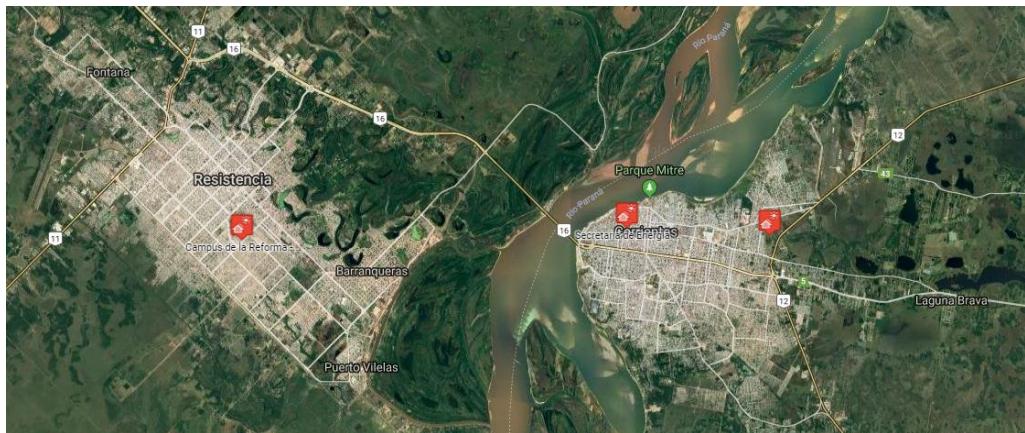


Fig. 38: Instalaciones del Consorcio IRESUD en Resistencia y Corrientes.  
Fuente: (IRESUD, s.f.).



Fig. 39: Intervención FV en Campus Deodoro Roca, UNNE y Secretaría de Energía, Corrientes.  
Fuente: Grupo de Energías Renovables, UNNE.

En la ciudad de Resistencia se implementó un nodo experimental denominado “Patio Solar”, en el Campus de la Reforma de la Universidad Nacional del Nordeste, siendo el primer (y hasta ahora único) SFCR de la provincia del Chaco (Pilar, Vera & Roibón, 2017).<sup>6</sup>

Se trata de una cubierta para usos recreativos conformada por un arreglo de doce paneles fotovoltaicos (ver Fig. 40) de 2,88 Kw de potencia. El espacio ocupado por los módulos fotovoltaicos se limita a la cubierta de una estructura del tipo “pérgola”, con caída en una sola dirección, cubriendo una superficie total de 20 m<sup>2</sup>. El arreglo se encuentra apoyado sobre una estructura de perfiles metálicos en voladizo y las columnas se materializan mediante troncos acopiados en el terreno, con una clara intención de reutilizar residuos bajo el principio de la economía circular. La madera resulta un material orgánico, sostenible, cuya producción y transformación requiere de mucha menos energía e impactos ambientales que otros materiales usados habitualmente (hormigón o metal).

<sup>6</sup> La autora del presente trabajo participó en su diseño y construcción junto al Dr. Ing. Luis Vera (FaCENA y FI), la Mg. Arq. María José Roibón (FAU), entre otros profesionales.



Fig. 40: Cubierta Solar en Campus de la Reforma, Resistencia, Chaco.  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 41: Tableros eléctricos del SFCR.  
Fuente: (Pilar, Vera, & Roibón, 2017)

A su vez, desde el punto de vista estético se trabaja con el contraste entre lo muy pulido (paneles fotovoltaicos) en contraposición a la rusticidad de las columnas de madera en forma de tronco, sin mayor trabajo de perfilado (Roibon, Pilar & Vera, 2015).

Los 12 módulos se conectan eléctricamente en serie, con una inclinación de 20º sobre la horizontal, y un azimut de 0º (Norte Geográfico), resultando, pérdida por orientación estimada: 0% y pérdida por sombras circundantes menor al 5 % (debido a sombras de edificios que se proyectan desde el Oeste)

En la Fig. 41 se presentan los tableros de comando junto con el inversor para conexión a la red (en el medio de la figura) que se encarga de recibir la corriente continua proveniente de los módulos y convertirla en corriente alterna para ser inyectada en la red; equipos que se encuentran ubicados dentro del departamento de electricidad y electrónica.

En los tableros se encuentran los elementos necesarios para el comando y protección del sistema. El tablero a la derecha del inversor en la fotografía es el encargado de conectar el ingreso de energía en corriente continua; dicho tablero posee un seccionador bajo carga con fusibles y protecciones de descargas atmosféricas.

En el tablero de corriente alterna, a la izquierda del inversor, posee las protecciones domiciliarias convencionales, y un medidor de energía instalado por la empresa SECHEEP.

### 2.5.3. Parque Ex Hipódromo, Corrientes

Desde la Secretaría de Energía de la Corrientes se realizó otra experiencia de SFCR en un parque de la ciudad de Corrientes ubicado en las inmediaciones del Ex Hipódromo y el Centro Comercial Shopping Centenario<sup>7</sup> (Fig. 42). La irradiación global para Corrientes es de 1.762 kWh/m<sup>2</sup>.



Fig. 42: Planimetría del Parque Shopping, Corrientes.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora.

Se trata de una cubierta o pérgola sobre el escenario de un anfiteatro del Parque. Por Resolución N° 266 del 8 de Noviembre de 2016 se autorizó la Contratación de la “Instalación Fotovoltaica Conectada a Red de 5 kW para plaza Shopping”, con un presupuesto oficial de \$ 755.820,92. La instalación consta de 20 módulos fotovoltaicos de 250 W de silicio policristalino, de alta prestaciones, con marco de aluminio, 1 inversor de 5000 W, 15 fotocélulas, 2 medidores de energía y 1 Instalación eléctrica del sistema completo, 1 estructura soporte para los módulos, 1 gabinete para alojar el inversor y tableros de protección de continua y alterna.

La selección del espacio a intervenir tuvo en cuenta aspectos funcionales (uso del escenario), demostrativos (ubicación y visibilidad) y técnicos (en especial las distancias a transformadores y la orientación). Por ello se decidió una conformación tipo “diente de sierra” como puede observarse en la Fig. 43, dado que el norte se ubica en uno de los extremos del escenario y una cubierta con una inclinación única hacia ese punto, en el lado más largo del rectángulo, podría ser estéticamente poco agradable.

Habiendo pasado solamente un año de su inauguración el vandalismo ha hecho estragos en la instalación. Varios paneles han sido inutilizados por rotura producidas adrede, por vecinos o transeúntes, que arrojaron piedras sobre la cubierta, como puede observarse en la Fig. 44. Esto pone en evidencia la baja apropiación de la tecnología por parte de la comunidad, o al menos de algunos sujetos.

<sup>7</sup> La autora del presente trabajo colaboró Grupo de Energías Renovables (FaCENA – UNNE) y la Secretaría de Energía de la provincia de Corrientes en el diseño de la cubierta.



Fig. 43: Pérgola sobre escenario en Parque Corrientes.  
Fuente: Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.

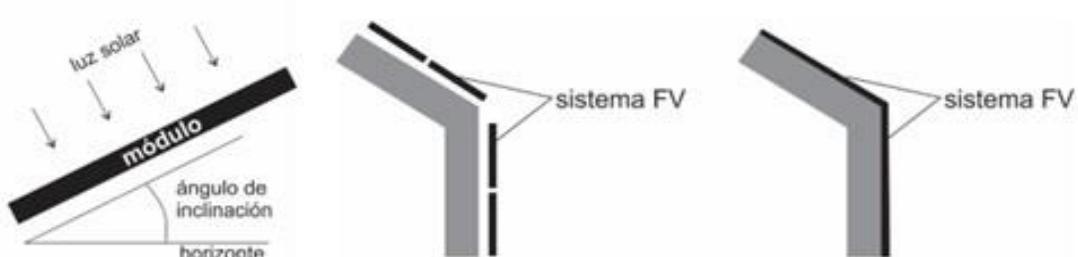
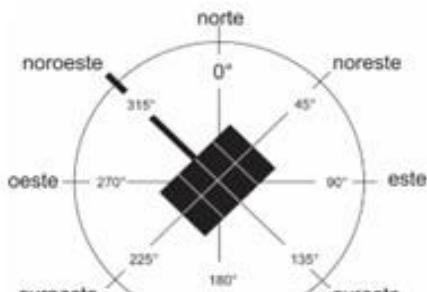


Fig. 44: Estado actual de la Pérgola del Parque Shopping, Corrientes.  
Fuente: Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.



## CAPÍTULO 3

# Energía fotovoltaica en la arquitectura



### 3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA ARQUITECTURA

*"El arquitecto debe ser un profeta... en el verdadero sentido del término. Si no puede ver por lo menos diez años hacia adelante no lo llamen arquitecto".*

Frank Lloyd Wright

En el primer capítulo se abordó la cuestión energética desde el paradigma de la sostenibilidad ambiental, realizando una instantánea de la situación mundial, nacional y provincial con especial énfasis en las energías renovables y en particular la solar FV. En el segundo capítulo se estudió la posibilidad de generar energía a través de la envolvente edilicia. Los casos demostraron la factibilidad de diseñar y construir una arquitectura visualmente sostenible desde una nueva estética de la energía, en un proceso bioinspirado.

En el presente capítulo se desagregan las condicionantes para la implementación - apropiación de los SFCR en barrios de vivienda en la región y en particular en la ciudad de Resistencia mediante un análisis técnico, ambiental, económico, profesional y social. Se estudian los distintos sistemas FV y los niveles constructivos de incorporación de SFCR en la envolvente, con una breve descripción técnica de los dispositivos y las normativas aplicables.

En cuanto a las condicionantes de diseño se tiene en cuenta la incidencia de diversos factores como ser: geometría, acción de las sombras, posible incompatibilidad técnica, efectos de la temperatura y suciedad. El número de variables a tener en cuenta es muy alto y este campo disciplinar se presenta como complejo desde la perspectiva del arquitecto, esto ha favorecido el desarrollo de softwares de cálculo, todos de origen extranjero, que se analizan de forma genérica para optar por uno de ellos y aplicarlo en el capítulo siguiente.

Si bien el principal fundamento de la importancia de la energía fotovoltaica es su faceta ambiental, esto no significa que no genere impactos en su ciclo de vida. En contrapartida el punto generalmente criticado es su alto costo inicial. Por ello se realiza un análisis crítico integral de la dimensión ecológica y económica de estos sistemas.

Con el objeto de conocer la perspectiva profesional se aplica una metodología cual-quantitativa a través de entrevistas semiestructuradas a los presidentes de los Consejos Profesionales de Chaco y Corrientes como Actores Clave del ámbito profesional regional. También se realiza una encuesta a profesionales (estrategia con mayor énfasis en lo cuantitativo) sobre distintos tópicos referidos a las ER y en especial la solar fotovoltaica.

Un aspecto crucial para la apropiación de estos sistemas es el usuario que se analiza desde la perspectiva del retorno de los prosumidores.

Para conocer los condicionantes particulares del contexto propuesto y del programa (barrio de viviendas) se describe el ámbito físico y urbano de la ciudad de Resistencia y las distintas políticas habitacionales implementadas con el objeto de situar la problemática desde una perspectiva socio-histórica-ambiental.

### 3.1. Aplicación de los sistemas fotovoltaicos

La experiencia internacional nos presenta un abanico de ejemplos y experiencias que permiten desmitificar la idea de que la instalación fotovoltaica genera un impacto visual negativo en la arquitectura. Por el contrario, puede ser un recurso estético que mejore la morfología de los edificios, convocando la necesidad de un abordaje interdisciplinario.

Prácticamente no existen limitaciones en cuanto a la tipología de edificios que pueden integrar sistemas para captación de energía solar. La tecnología FV puede ser utilizada en viviendas, edificios en altura, edificios públicos y privados e incluso para la materialización de equipamiento y mobiliario del espacio público, como se vio en el capítulo anterior.

Desde un punto de vista técnico los distintos tipos de sistemas son:

**Aislados de la red pública:** Se trata de sistemas asociados a baterías que alimentan a los consumos eléctricos durante todo el día. Los sistemas se dimensionan generalmente con el fin de contar con 3 días de autonomía sin sol, para brindar seguridad de provisión.

Resultan óptimos para ambientes rurales u otro tipo de situaciones en la que no existe la infraestructura eléctrica. Son conocidos también como sistemas *Off Grid* o SFA.

**Sistemas híbridos:** Sistemas destinados a reducir el consumo eléctrico. Se alimentan los circuitos únicamente durante los horarios diurnos (de radiación solar). Además, cuenta con un banco de acumulación con el fin de afrontar y brindar estabilidad de tensión y autonomía (generalmente 24 horas) ante posibles cortes de luz.

Estos sistemas son considerados el futuro de la energía fotovoltaica. Presenta la condicionante del costo y la existencia de baterías que genera dudas sobre la sustentabilidad ambiental.

**Sistemas conectados a la red:** Sistemas destinados a reducir la factura de electricidad. Resultan adecuados para contextos urbanos, donde se cuenta con una red existente. Se alimentan los consumos eléctricos únicamente durante los horarios diurnos (de radiación solar) y el excedente es inyectado a la red eléctrica. Durante la noche, la energía eléctrica es tomada de la red.

En este caso no se cuenta con banco de baterías (lo que disminuye notablemente el costo inicial y baja el mantenimiento del sistema). En caso de corte de energía en la red pública, se corta por completo el suministro eléctrico. Los sistemas conectados a la red eléctrica interactúan con ésta a través de un inversor, y no requieren almacenamiento de energía. Las denominaciones más conocidas son Sistemas *On Grid* o SFCR.

Los SFCR tienen ciertas ventajas en relación a las otras dos alternativas:

- Menor costo inicial.
- No requiere baterías que generan un mayor costo, poseen menor vida útil que el resto del sistema y cuyo impacto ambiental en su ciclo de vida es mucho más nocivo que los módulos fotovoltaicos y que los componentes eléctricos y electrónicos.
- Usa una infraestructura existente.
- Baja los picos de consumo a nivel urbano en horarios de irradiación.

Poseen aspectos negativos como ser:

- Salen de servicio en caso de corte de suministro eléctrico.
- Posibles fluctuaciones de voltaje que afectarían a los consumidores vecinos.
- Necesidad de adquisición de datos de consumo más complejos.
- Solo disminuye la demanda en la infraestructura en horarios diurnos, siendo un pico importante en la vivienda el consumo nocturno, sobre todo en lo que respecta a climatización mecánica en verano, por lo que el “dimensionamiento” de la infraestructura pública no sufre modificaciones sustanciales.

En función del análisis precedente, se opta por los SFCR para su aplicación hipotética en barrios de vivienda, sin desconocer las posibles ventajas de los sistemas híbridos, sobre todo si logran competitividad en los costos y se desarrollan tecnologías limpias para los acumuladores en todo su ciclo de vida.

En el corto y mediano plazo, las aplicaciones que se prevén para la tecnología fotovoltaica integrada a edificios en Argentina están relacionadas con los desarrollos urbanos y periurbanos en las zonas donde la capacidad de la infraestructura eléctrica existente está cercana al pico de la demanda. En este caso, los SFCR son una solución técnicamente posible (APrA, 2014).

Los argumentos para el uso de la tecnología fotovoltaica en edificios son de naturaleza variada. Entre ellos se destacan los siguientes (APrA, 2014):

- Los módulos fotovoltaicos, cuando se integran en edificios, ocupan una estructura existente y no necesita espacio adicional. Esto es particularmente significante en las áreas densamente pobladas de la Argentina.
- La electricidad se genera directamente donde se consume, evitando pérdidas de distribución.
- La sinergia con otras partes del edificio reduce la inversión adicional. Los módulos fotovoltaicos integrados forman componentes arquitectónicos de la piel exterior del edificio que reemplazan a los materiales tradicionales.
- La utilización de sistemas fotovoltaicos estimula el concepto de uso racional de la energía, tanto en residencias particulares como en oficinas.
- Los módulos fotovoltaicos son una expresión arquitectónica de innovación y de alta tecnología.

### **3.1.1. Aspectos tecnológico – constructivos**

El origen de los SFCR es reciente, dado que la idea surge a mediados de los 70 en los Estados Unidos. Ha sido implementado primero con carácter demostrativo realizándose la primera experiencia en 1978 en Texas, y luego, a partir del apoyo político, se fue incrementando su adopción. En Europa estos sistemas fueron adoptados a partir de la década del 80, siguiendo el mismo proceso: primero instancias demostrativas y luego su aplicación más extendida, ya en la década del 90. En América Latina los países que poseen un mayor desarrollo son Brasil y México, que iniciaron la fase experimental en el 2000.

Desde un punto de vista tecnológico - constructivo la incorporación de los sistemas fotovoltaicos a la edificación puede ser por aplicación o integración.

La aplicación (conocida internacionalmente como BAPV por sus siglas en inglés) se trata de incorporar componentes fotovoltaicos adosándolos a la construcción. Esta estrategia es la más utilizada, dado que el mercado nacional presenta restricciones de costos y una baja oferta de variedad de materiales e insumos.

Por su parte la integración (conocida internacionalmente como BIPV) “supone la sustitución de materiales convencionales de construcción por nuevos elementos arquitectónicos fotovoltaicos que son generadores de energía” (FENERCOM, s.f.).

Los sistemas BIPV son multifuncionales, reemplazar elementos de construcción en lugar de estar superpuestos sobre ellos, pudiendo reducir algunos costos, sobre todo si se lo compara con materiales nobles. La celda fotovoltaica en general se encuentra encapsulada en vidrios de seguridad laminados.

En este tipo de sistemas, y teniendo en cuenta de que se trata de productos disponibles en mercados maduros, los diseñadores pueden solicitar productos a medida en cuanto a forma, dimensiones, niveles de transparencia, colores, etc. En estos contextos el precio es competitivo en relación a otro tipo de revestimientos como ser acero, granito y mármol, con el plus de que generan energía y en algunos casos iluminación natural.

En la Fig. 45 se observar la diferencia conceptual que significa la aplicación y la integración constructiva de los sistemas fotovoltaicos en los edificios.

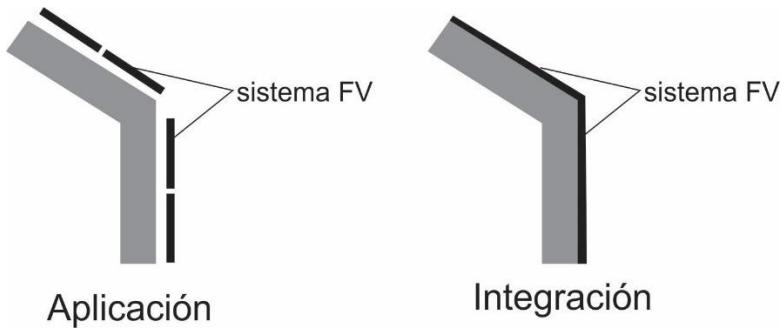


Fig. 45: Diferencia entre adaptación e integración de los sistemas FV.  
Fuente: Elaboración propia en base (Energy Glass, s.f.).

Teniendo en cuenta las distintas posibilidades de incorporación a la envolvente de los SFV (desde la BAPV hasta llegar a la BIPV) resulta factible considerar las siguientes situaciones:

- Cerramientos superiores: techos planos e inclinados. Ver Fig. 46.
- Cerramientos verticales: fachadas, parapetos, vidrios y muros cortina. Ver Fig. 47.
- Varios: pérgolas, estacionamientos, mobiliario urbano.

El gran avance que ha tenido la industria fotovoltaica en el desarrollo de materiales cada vez más atractivos para aplicar en el diseño arquitectónico de los edificios favorece la investigación, el desarrollo, la industria, la generación de empleo, entre otros aspectos positivos. El segmento BIPV representa el 60% del mercado fotovoltaico mundial (FENERCOM, s.f.) y de allí deviene el alto interés que manifiesta la industria en el desarrollo de nuevos materiales y sistemas (módulos transparentes, curvos, de colores, etc.).

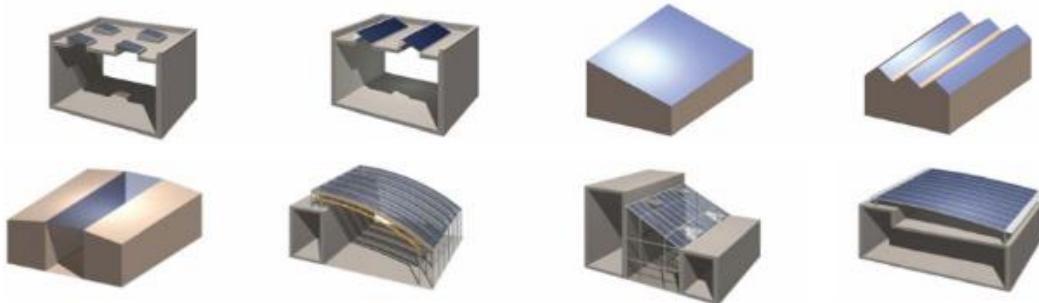


Fig. 46: Alternativas de incorporación de SFV en techos.  
Fuente: (Energy Glass, s.f.).

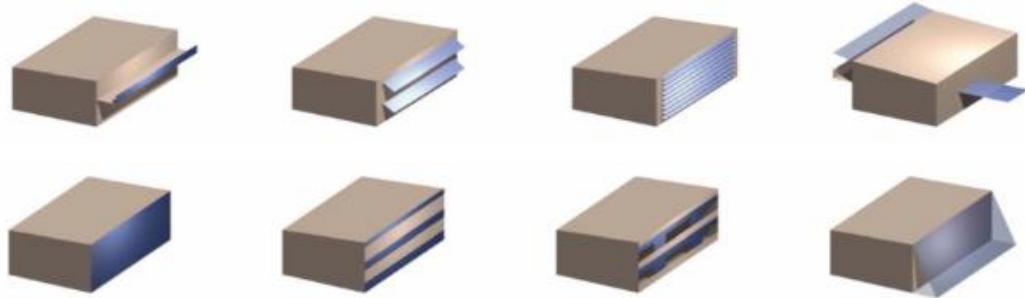


Fig. 47: Alternativas de incorporación de SFV en cerramientos verticales.  
Fuente: (Energy Glass, s.f.).

La incorporación de SFV aporta a una “sustentabilidad visual” de los edificios a la vez que le da un imagen innovadora y futurista. Estos edificios tienen la posibilidad de hacer énfasis en el “significado” con un mensaje esperanzador: es factible materializar una arquitectura que rompa con el paradigma fosilista, que colabore con la diversificación de la matriz energética, a la vez que concientiza a la población (efecto educativo) y demuestra que es factible su materialización (efecto demostrativo).

Estos efectos educativos y demostrativos son dimensiones que pueden resultar incluso más relevantes que el aporte energético que producen los edificios solares.

Estos impactos positivos pueden analizarse desde distintas escalas superpuestas y simultáneas:

- Del usuario, en cuyo caso adquiere especial relevancia la vivienda como espacio privado de interacción directa con la energía fotovoltaica, transformándose en prosumidor.
- Del ciudadano que en ámbitos urbanos ve o visita edificios que poseen energía FV y reflexiona sobre esta cuestión.
- De los decisores políticos que pueden expresar su compromiso ambiental a través de iniciativas en la temática.
- De la ciudad o país en su conjunto, que adquiere visibilidad por este tipo de intervenciones innovadoras en base a principios ambientales. En muchos casos estas intervenciones se han transformado en hitos de las ciudades que son recorridas por turistas o se transforman en símbolos de las mismas.

### 3.1.2. Componentes de los SFCR

Un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR) es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional. Se compone del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas. La energía producida por este sistema será consumida parcial o totalmente en las cercanías, y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución a otros puntos de consumo. Es común que existan mecanismos de retribución económica que compensan al propietario del sistema por la energía que su sistema intercambia con la red. Pueden distinguirse, de forma simplificada, dos esquemas: las tarifas preferenciales (feed-in tariff) y el balance neto (net-metering) (Lamigueiro, 2013). Los componentes genéricos de un SFCR son:

**Módulos Fotovoltaicos:** conjunto de celdas fotovoltaicas (que es donde se produce la conversión fotovoltaica, generalmente constituidas por silicio, aunque lo hay de otros materiales, como se señaló en el capítulo 1) que se encuentran conectadas entre sí y que generan corriente de tipo continua.

La celda solar fotovoltaica es la unidad fundamental de los sistemas fotovoltaicos. Está compuesta de un material semiconductor y posee la estructura de un diodo plano. Estos dispositivos son más eficientes para la conversión de energía solar en electricidad a medida que la temperatura decrece. Por consiguiente, al diseñar sistemas fotovoltaicos en edificios, se deben tomar medidas especiales para mantener la temperatura tan baja como sea factible (APrA, 2014).

Un módulo fotovoltaico consiste esencialmente en un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas eléctricamente y encapsuladas. Posee en su parte anterior un vidrio de características especiales y en su parte posterior una protección mecánica de Tedlar y Poliéster. Todo este conjunto se inserta en un marco de aluminio anodizado y se lo sella para evitar el ingreso de humedad. Los módulos fotovoltaicos pueden producirse en un amplio rango de tamaños y formas (APrA, 2014).

Los módulos fotovoltaicos producen corriente eléctrica continua y sus circuitos pueden diseñarse para proveer los valores de tensión e intensidad de corriente requeridos específicamente. En la mayoría de las aplicaciones fotovoltaicas en áreas urbanas, la energía eléctrica producida se transforma a corriente alterna, de forma tal que la misma pueda ser utilizada directamente en el suministro eléctrico del edificio (APrA, 2014). Las distintas tecnologías poseen distintos rendimientos y aplicaciones. En la Tabla 14 se muestra la superficie necesaria según tipo de celda para lograr una potencia de 1 kWp.

Tecnología	Superficie de módulo (m <sup>2</sup> ) para 1 kWp
Silicio monocristalino	5 – 7
Silicio policristalino	6,5 - 8,5
Diseleniuro de indio cúprico (CIS)	8,5 – 10
Telururo de Cadmio (CdTe)	9 – 11
Silicio amorfo	11 – 16

Tabla 14: Superficie de módulo por kWp de distintas tecnologías fotovoltaicas  
Fuente: (PVS in Bloom, 2018)

**Inversor:** transforma la corriente continua (CC) generada por el módulo en corriente alterna (CA) para ser inyectada a la red eléctrica. Este dispositivo se encarga también de polarizar a los módulos en su punto óptimo para aprovechar al máximo la energía solar disponible. Cuenta además con un sistema de control y seguridad, que monitorea constantemente la frecuencia y tensión de la red para desconectarse de la misma en caso de que los valores estén fuera de los límite permitidos, evitando de esta manera la generación en islas.

Los recientes desarrollos tecnológicos han llevado a la producción de módulos de corriente alterna, mediante un inversor electrónico de corriente continua/corriente alterna, el cual se instala directamente en la parte posterior del módulo. Estos son denominados “micro inversores” y permiten que el módulo fotovoltaico entregue en forma directa corriente alterna (APrA, 2014).

**Tablero de CC y CA:** en el cual se instalan todos los elementos de protección, tales como interruptores, descargadores gaseosos e instrumentos para medición de energía (Cossoli, Ibarra, Poletto, Blanco & Cáceres, 2014).

**Medidor:** encargado del registro de la energía inyectada a red.

**Estructura de soporte:** En esta se fijan los módulos fotovoltaicos al edificio. Deben estar diseñadas para soportar todas las cargas mecánicas, las cargas de viento, nieve, expansión y contracción térmica y deben tener una vida útil acorde a la vida útil del sistema. La misma debe ser en lo posible simple, para permitir el montaje sin dificultad, al igual que los mantenimientos. Las estructuras de integración en fachadas tienen por lo general conductos especiales por donde pasan los cables (APrA, 2014).

### 3.1.3. Normativas aplicables

En cuanto la energía solar fotovoltaica, la principal normativa nacional aplicable se regula a través del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).

- IRAM 210012. Normativa del año 1994.
- IRAM 210013 -1. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Parte 1- Inspección visual.
- IRAM 210013-2. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Parte 1- Determinación de las características eléctricas en condiciones de ensayo normalizado.
- IRAM 210013-3. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Parte 3- Aislación eléctrica
- IRAM 210013-21. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Parte 21- Inversores para la conexión a la red de distribución. Requisitos generales.
- IRAM 210015-1. Energía solar. Sistemas solares compactos. Parte 1 – Requisitos generales.
- IRAM 210018. Energía solar. Módulos fotovoltaicos. Inversores para la conexión a la red de distribución. Etiquetado de eficiencia energética (en estudio).

## 3.2. Diseño de los SFCR

Como se señaló una característica de la energía solar es que variable en el tiempo, dependiendo de la radiación solar, lo que determina una curva de generación de energía solar diaria que coincide aproximadamente con el pico de consumo de verano debido a los sistemas acondicionadores de aire (APrA, 2014).

En la Fig. 48 se compara la curva de generación solar para la localidad de Resistencia en verano (ubicada en la parte superior del gráfico) y la curva de consumo promedio de la Argentina para el período estival (ubicado en la parte inferior del gráfico). Se señala con líneas verticales el segmento horario entre las 8 y las 16 horas (período aproximado de posible generación) que coincide con uno de los momentos de mayor consumo (la siesta). Sin embargo, la noche genera otro pico de consumo que no puede ser cubierto por energía solar, a menos de que se trate de un sistema híbrido con respaldo de baterías.

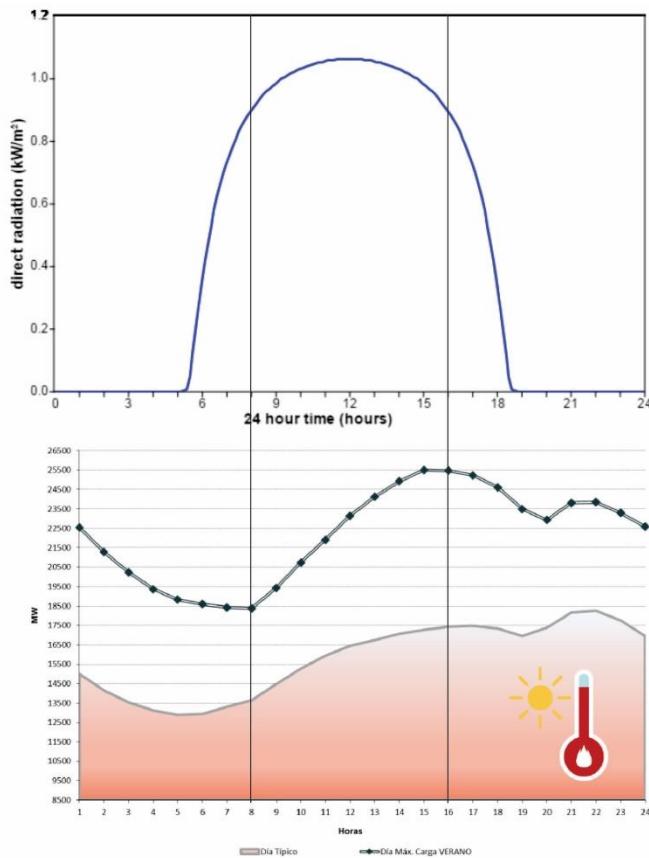


Fig. 48: Curva de radiación solar latitud 27° Sur y curva de consumo de verano de Argentina.  
Fuente: Elaboración propia en base a: Arriba (Busso, 2014); abajo (CAMMESA Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico SA, 2018).

### 3.2.1. Geometría solar

La cantidad de energía aportada por el SFCR depende de la irradiancia que incide sobre los generadores, es por eso que la correcta orientación e inclinación son fundamentales.

Para el hemisferio Sur, la orientación adecuada para maximizar la captación de energía es hacia el Norte. Por otra parte, la inclinación se determina en función de la posición geográfica del sistema y de la época del año en la cual se quiera maximizar la captación de energía (Cossoli, Ibarra, Poletto, Blanco & Cáceres, 2014). El azimut se conoce como la orientación del arreglo fotovoltaico en relación a las distintas orientaciones. En la Fig. 49 a la izquierda, se observa los distintos ángulos convencionales de azimut.

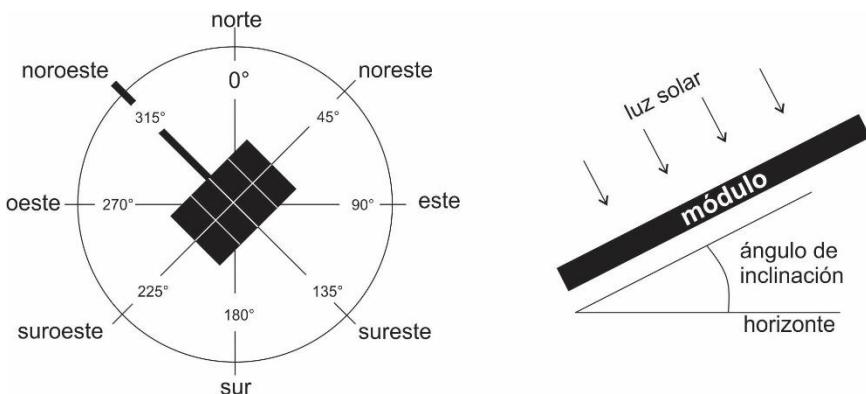


Fig. 49: Parámetros de la geometría solar.  
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte el ángulo de inclinación de los módulos se refiere a su relación con la línea de horizonte (Fig. 49 a la derecha). Un ángulo de inclinación cercano al plano horizontal se captará mayor radiación en verano, en cambio, aumentándolo se favorecerá la captación de energía en invierno. Para obtener irradiancia constante a lo largo del año se adopta el valor de latitud del lugar para la inclinación de los generadores (Cossoli, Ibarra, Poletto, Blanco & Cáceres, 2014).

En el caso particular de la Ciudad de Resistencia eso daría como ángulo óptimo de inclinación el de 27°. Sin embargo Righini y Grossi Gallegos consideran que el ángulo óptimo para la localidad de Colonia Benítez (Estación muy cercana a Resistencia) es de 21,32° con una energía anual de 1,80 MWh/m<sup>2</sup> (Righini & Grossi Gallegos, 2011).

De acuerdo a la fórmula del ángulo de inclinación óptimo (que es  $0,69 \times \text{latitud} + 3,7$ ) el ángulo de inclinación ideal es de 22°.

La Fig. 50 grafica la carta de radiación anual de la Argentina para planos inclinados de ángulo óptimo. Se observa que la Región Noroeste y Cuyo es la que más potencial presenta para la generación solar, seguida de la Noreste que es donde se ubica la ciudad de Resistencia.

La orientación de los módulos fotovoltaicos afectará la cantidad de radiación solar que ellos reciben y por consiguiente la energía generada. Puesto que la posición del sol varía durante el día y también durante las diferentes estaciones, no es posible encontrar una orientación que produzca el rendimiento máximo en todo momento del año, aunque el posicionamiento puede optimizarse para ciertas condiciones particulares. En general, las superficies orientadas entre el noreste y el noroeste (en el hemisferio sur) ofrecen las situaciones óptimas para los sistemas fotovoltaicos. La inclinación (ángulo de inclinación respecto a la horizontal) del sistema fotovoltaico determina si este funcionará mejor en el invierno o el verano. Según la latitud las fachadas verticales favorecen la producción de energía en el invierno y los techos horizontales en el verano.

Cuando el objetivo es lograr una adecuada implementación arquitectónica de los SFCR a edificios existentes, no siempre es factible lograr la orientación e inclinación óptima de los generadores.

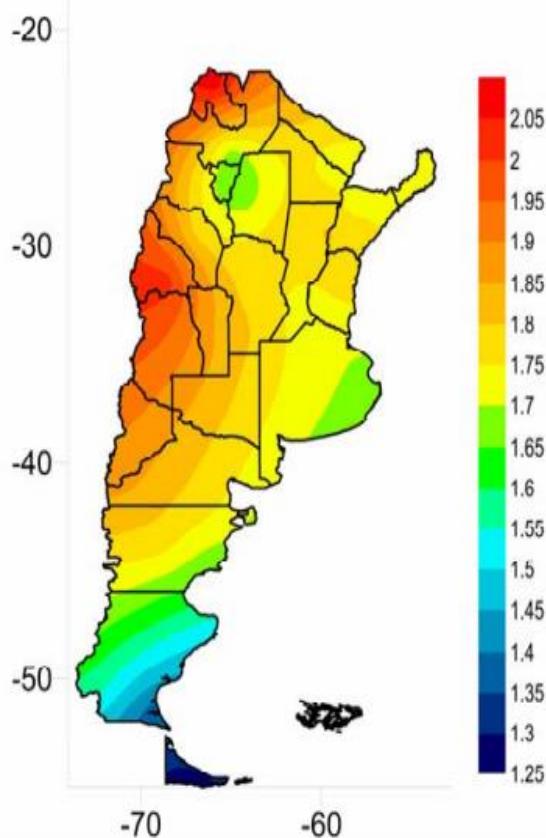


Fig. 50: Carta de irradiación solar anual para planos inclinados ángulo óptimo.  
Fuente: (Righini & Grossi Gallegos, 2011).

Por otro lado, la proyección de sombras sobre los generadores disminuye la cantidad de energía disponible para ser injectada a la red. Entonces, resulta conveniente realizar una evaluación de las pérdidas de energía a la hora de proyectar un acoplamiento arquitectónico de SFCR (Cossoli, Ibarra, Poletto, Blanco & Cáceres, 2014).

Cuando los módulos están integrados a las fachadas, se reduce el rendimiento energético global a lo largo del año, pero puede generar más energía durante el invierno, cuando el sol está más bajo en el horizonte (APrA, 2014).

### 3.2.2. Acción de las sombras

Cuanto más homogénea la iluminación solar sobre los módulos, mejor será el rendimiento. Si alguno de los módulos está sombreado durante parte del día, los niveles de radiación sobre el sistema no serán homogéneos, afectando su rendimiento.

Aún sombras pequeñas afectan el rendimiento. Esto se debe a que en un módulo, las celdas solares se conectan en serie y cada celda opera como si fuera una fuente de potencia. Esto significa que la celda con la iluminación más baja determina la corriente de operación de todas las celdas, no solo del módulo, sino de toda la serie a la que esté conectado el módulo. Bajo circunstancias extremas, esta celda puede pasar de ser fuente de potencial a ser una carga resistiva.

Esto puede destruir térmicamente la celda y también el módulo. Para evitar este efecto, llamado “punto caliente”, se colocan los diodos de by pass. El efecto del sombreado parcial puede ser minimizado mediante un diseño adecuado del circuito de CC. Idealmente el generador fotovoltaico no debe presentar obstrucciones a la radiación solar durante todo el año. Debe ponerse especial atención a sombras que puedan proyectar edificios contiguos, árboles, montañas o pequeñas obstrucciones como chimeneas, tanques de reserva, antenas, etc. (APrA, 2014).

La situación ideal en la generación fotovoltaica sería que los módulos no fueran sombreados en ningún momento, lo cual resulta utópico en ambientes urbanos. Estas sombras afectan más a fachadas que a cubiertas, sobre todo de los edificios más altos (Cronemberg Ribeiro Silva, 2015).

### 3.2.3. Otros factores

- Incompatibilidad de los diferentes componentes: cuando se conectan en serie módulos con diferentes curvas I-V (APrA, 2014)
- Efectos de temperatura: Los módulos fotovoltaicos pierden potencia con el aumento de la temperatura. Los factores que determinan el aumento de la temperatura son el calor exterior, la irradiancia local y la ventilación de los módulos. De ser posible, la parte posterior de los módulos debe ser ventilada libremente. En caso que los módulos estén apoyados sobre la piel del edificio, fachada o techo, debe dejarse un espacio de alrededor de 10 cm (APrA, 2014).
- Acumulación de suciedad: Para un edificio comercial que limpia regularmente las fachadas se recomienda una limpieza anual (APrA, 2014). Los ángulos de inclinación de menos de 15° deben evitarse para asegurar la auto limpieza de los módulos cuando llueve.

### 3.2.4. Softwares de cálculo

Dada la gran cantidad de variables a considerar y la complejidad del cálculo, se desarrollaron softwares de cálculo. Como el mercado FV más maduro se encuentra en Europa y Estados Unidos, el origen de los mismos surge de esos países. No hay mucha información sobre datos de Latinoamérica en general y Argentina en particular. Algunos de los softwares más usados son:

- Homer Pro - Homer Energy, Estados Unidos
- PV F-Chart - software F-Chart, EE. UU.
- pvPlanner - SolarGis, Eslovaquia
- PVsyst - PvSyst SA, Suiza
- RETscreen - Natural Resources Canada, Canada
- Modelo de Asesor de Sistema (SAM) - Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL), EE. UU.
- Solar Pro - Laplace Systems, Japón
- PVsol – Alemania.

Este último permite trabajar con modelos en tres dimensiones, así como personalizar bases de datos (por ejemplo, de costos y de consumos). Además, posee una versión gratuita por

tiempo limitado. Por ello ha sido seleccionado para realizar las modelaciones que se presentan en el capítulo 4 sobre los hipotéticos casos de aplicación.

El programa tiene como ventaja una interfaz gráfica compatible con el programa de diseño y modelación tridimensional más extendido y de descarga gratuita denominado SketchUp. Esta situación resulta altamente favorable para la simulación rápida por parte de diseñadores (no especialistas) que deseen obtener resultados seguros y flexibilidad de diseño y verificación de sombras (por ejemplo).

### 3.3. Aspectos ambientales de los sistemas fotovoltaicos

El mayor impulso que incentiva el uso de la tecnología fotovoltaica es su faceta ambiental. Los sistemas fotovoltaicos producen energía eléctrica sin emisiones contaminantes de ningún tipo y sin emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero (APrA, 2014). Sin embargo, la fabricación, comercialización, instalación y el desmantelamiento al final de la vida útil requieren de energía que debe ser “reembolsada” antes de considerar la electricidad generada por los SFV como sostenible (Cronemberg Ribeiro Silva, 2015).

En funcionamiento, el sistema fotovoltaico presenta riesgos muy bajos, sin ruidos ni emisiones que perturben sus actividades. Aunque el sistema fotovoltaico puede operar a elevadas tensiones de corriente continua, el sistema eléctrico no es accesible y no presenta peligro de contacto con cualquiera de las superficies de los módulos. Estudios de situaciones de emergencia, particularmente incendios, han mostrado que los módulos presentan menores riesgos que otros materiales convencionales del edificio (APrA, 2014).

Existen indicadores para analizar el ciclo de vida de un SFV como ser el Tiempo de Retorno de la Energía (EPBT, por sus siglas en inglés *Energy Pay Back Time*) (Friscknecht et al., 2015) en relación a la energía invertida en el proceso de fabricación, transporte e instalación. Su cálculo depende de la irradiancia disponible en el lugar de la instalación. En la Fig. 51 se observa el Tiempo de Retorno de la Energía para una instalación de un techo FV para una irradiancia de 1.700 kWh/m<sup>2</sup> al año (un poco menor a la de Resistencia, Chaco) y una performance ratio de 0.75 de distintas tecnologías.

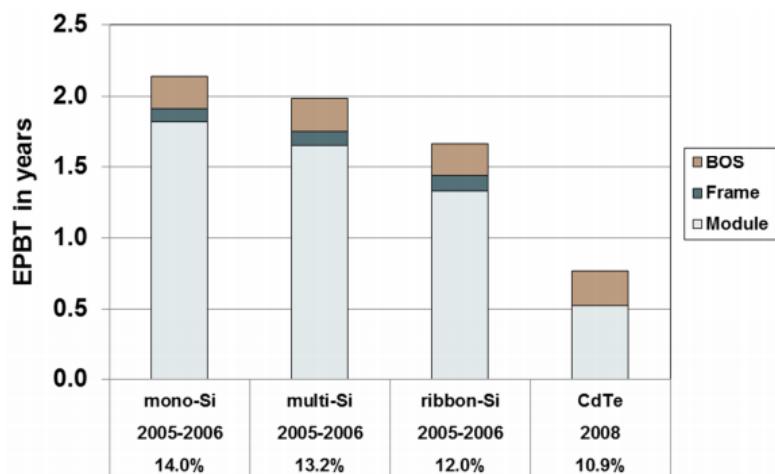


Fig. 51: EPBT de un techo FV para una irradiancia de 1.700 kWh/m<sup>2</sup> al año.  
Fuente: (Friscknecht et al., 2015)

De forma genérica podría afirmarse que una instalación correcta en la ciudad de Resistencia posee un EPBT de un poco más dos años, quedando el resto de la vida útil de la instalación (prevista en 30 años) de generación limpia de energía. Sin embargo, en este análisis seguramente no está incluida la energía de transporte de los módulos que son en un gran porcentaje del mercado de origen chino.

Otro indicador frecuentemente utilizado es la emisión de GEI. En la Fig. 52 se observa la baja generación de la tecnología FV en relación a otras como ser el carbón que resulta la más contaminante.

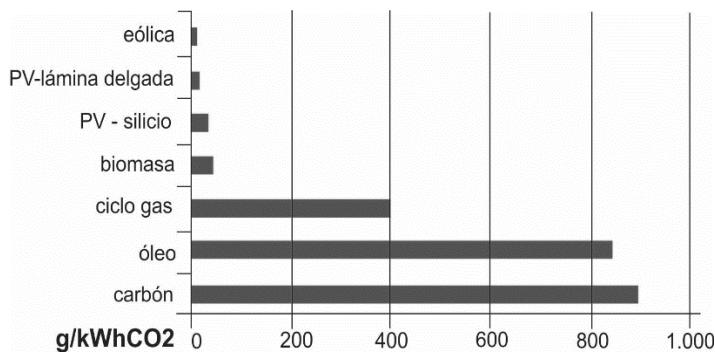


Fig. 52: Generación de GEI en gramos de CO<sub>2</sub> por kW/hora  
Fuente: (Cronemberg Ribeiro Silva, 2015) citando a EPIA, 2007.

El ciclo de vida es un concepto que se refiere a las "etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema - producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final" (ISO 14.040, 1997). Aplicado al ámbito de la arquitectura, y en particular a los SFV incorporados a la construcción, la evaluación de la eficiencia energético-ambiental no debería pensarse exclusivamente desde el desempeño ambiental en la etapa de uso (Alías & Pilar, 2007).

Habitualmente se tienen nociones equivocadas acerca de lo que es más benigno o más dañino para el ambiente, generalmente a raíz de considerar sólo una parte del ciclo de vida completo de los sistemas o productos analizados (Mitchell & Arena, 2000).

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) sirve para identificar las consecuencias de la elección de materiales, procesos de producción y sus usos. Es tanto un concepto como una metodología para realizar auditorías y evaluar el desempeño ambiental, a través de toda su existencia, desde la adquisición de materias primas hasta la disposición final. Brinda una base sólida para la toma de decisiones (Alías & Pilar, 2007).

En la norma IRAM-ISO 14.040, se establecen los fundamentos del ACV, es decir, el marco metodológico, y se explican cada una de las fases: definición y alcances, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación, que pueden observarse en la Fig. 53.

Según la Norma IRAM/ISO 14.040, el ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un sistema - producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

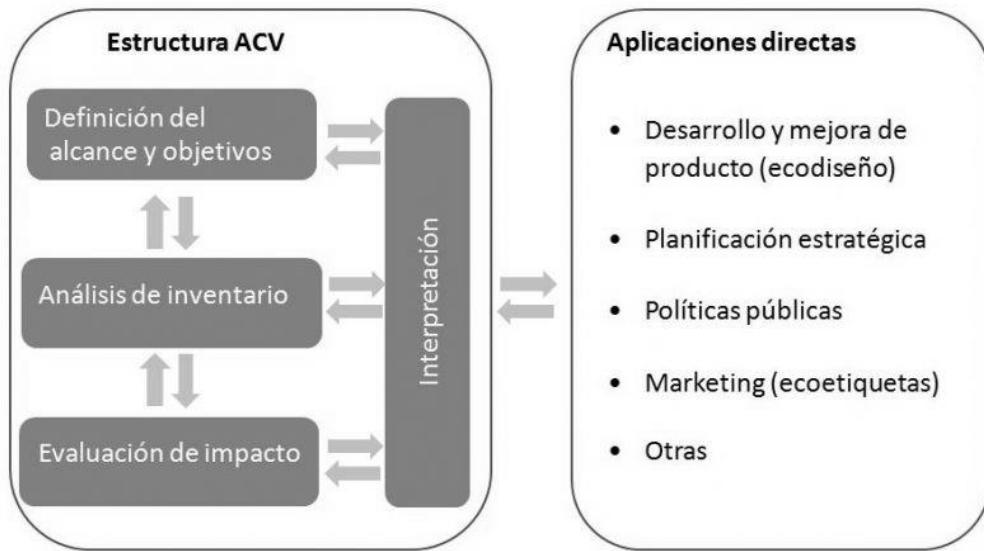


Fig. 53: Fases del ACV de acuerdo a la Norma ISO.  
Fuente: (Alías & Pilar, 2007) citando a (ISO 14.040, 1997).

A partir de esta estructura de análisis genérica, propuesta por las normas IRAM se hará una evaluación general de los SFV desde la perspectiva del ACV.

La parte más representativa en volumen de los SFV lo constituye el vidrio y los materiales semiconductores, seguidos por el aluminio y los polímeros.

La celda fotovoltaica está compuesta principalmente por silicio, material muy abundante en la naturaleza (el segundo después del oxígeno en la corteza terrestre) usado por sus propiedades de semiconductor, favorables para propiciar el efecto fotovoltaico (que es el que permite transformar la energía de los fotones presentes en la luz solar en movimiento de electrones, y por lo tanto, en energía eléctrica).

Para fabricar un panel de células solares se requieren las siguientes fases<sup>8</sup>:

- **Obtención de la materia prima:** Obtención del silicio, a partir de la cuarcita.
- **Producción:** mediante hornos de arco eléctrico se produce la cristalización y se obtienen obleas o láminas de 2 a 4 mm. Se realiza la fabricación del módulo. Donde se incorpora también los marcos de aluminio y otros elementos eléctricos como ser cables y diodos. Los procesos industriales utilizados para la fabricación de los módulos fotovoltaicos son similares a aquellos utilizados para producir cualquier otro dispositivo semiconductor y los impactos ambientales pueden ser mitigados con medidas adecuadas. En la actualidad, se utilizan fuentes convencionales de energía durante la fabricación de los módulos, lo que hace que estos tengan asociados un nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- **Distribución:** en el país el mayor volumen de SFV son de origen chino, por lo cual la distribución genera un alto impacto ambiental por la distancia y por la logística de

<sup>8</sup> Para un análisis más detallado ver OVACEN, Periodismo al detalle. (s.f.).

transporte. En la región también implica el traslado desde la Capital Federal a la Región NEA.

- **Uso:** resulta la etapa que compensa el consumo de energía y generación de emisiones de las etapas anteriores y la posterior. La vida útil del SFV se estima entre 25 y 30 años. El EPBT como se señaló sería un poco superior a los dos años y así, para el resto de la vida del sistema, la energía eléctrica producida puede decirse que está libre de emisiones de CO<sub>2</sub>
- **Fin de vida útil:** resulta una etapa poco visualizada en la actualidad en el país y región dado que la implementación de esta tecnología es aún reciente. Pero en países con más trayectoria en el uso de los SFV empieza a ser un tema de discusión. La Unión Europea ha adoptado regulaciones específicas en el campo del reciclaje, a través del programa europeo PVCycle<sup>9</sup>.

Estas etapas concatenadas se observan en la Fig. 54 en donde en cada instancia ingresa materia (M) y energía (E) y se emiten residuos y efluentes (R).

Las tecnologías disponibles tienen un alto porcentaje del vidrio que representa entre el 75% y el 90% dependiendo de la tecnología. Esto es algo que puede analizarse como positivo (dado que es un material altamente reciclabl) y negativo (porque tiene un valor de reventa bajo, lo que desalienta el mercado).

El 90% del vidrio y del material semiconductor puede ser reutilizado en nuevos paneles u otros productos de vidrio.

El ACV de los SFV es un tema que requiere para su análisis de un estudio profundo, situación que resultaría deseable desarrollar en un posible futuro contexto de producción nacional de paneles y elementos del sistema.

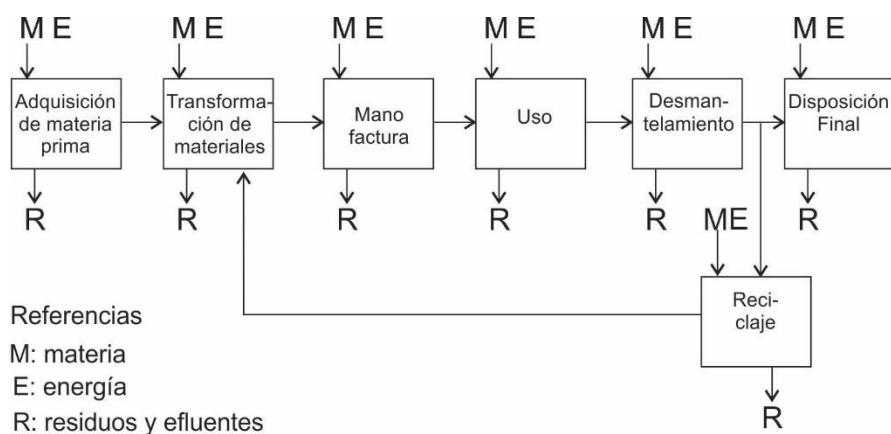


Fig. 54: Ciclo de vida de un SFV.  
Fuente: (Friscknecht et. al., 2015). Reelaboración y traducción propia.

<sup>9</sup> Para más información ver PVCycle (s.f.).

### 3.4. Análisis económico

El alto costo inicial de los SFV ha sido históricamente su mayor obstáculo de implementación. Esta situación ha ido variando con el tiempo, generando una disminución marcada propiciada por las mejoras técnicas, el crecimiento del mercado, la madurez de la tecnología y políticas de incentivo.

Como puede verse en la Fig. 55 donde se observa que el precio del watt de energía solar producida paso de U\$S 76,67 en 1977 a U\$S 0,74 en 2013. Esto debe llevar a costos competitivos dentro de los próximos años (APrA, 2014). Este efecto conocido como Swanson, en honor al fundador de *SunPower Corporation*, quien observó que los precios de las células solares disminuyen un 20% por cada duplicación de la capacidad de la industria de módulos solares.

En la Fig. 56 se observa la variación de los costos totales instalados para proyectos de energía solar fotovoltaica a escala de servicio público y el promedio ponderado mundial para el período 2010-2017.

Se observa que el “Costo de inversión promedio ponderado”, (señalado con una línea negra horizontal) ha bajado de 4.500 a 1.500 U\$S/kW de 2010 a 2017.

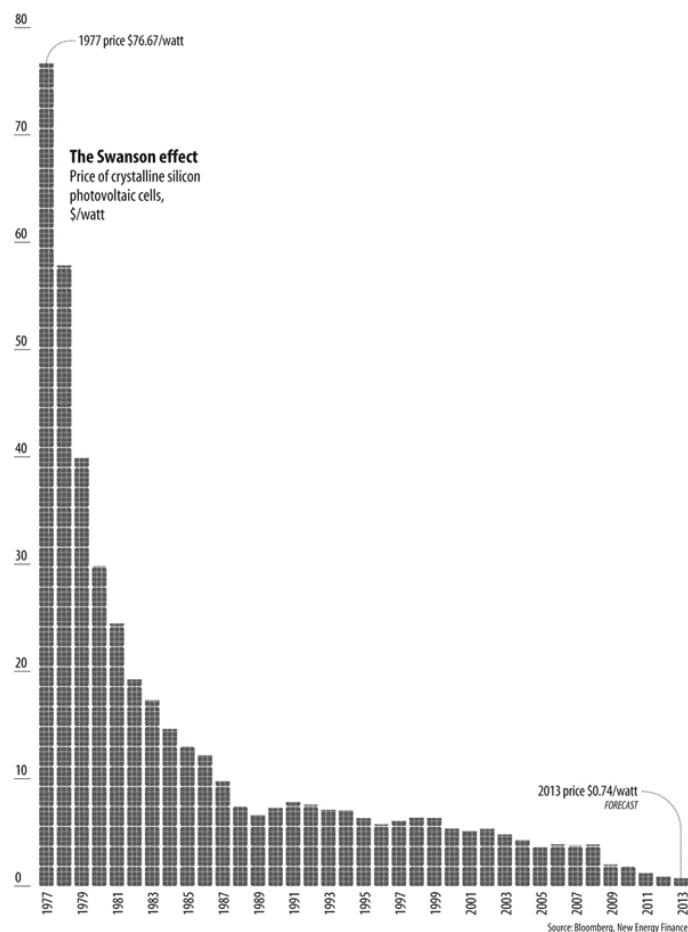


Fig. 55: Efecto Swanson.  
Fuente: Bloomberg, New Energy Finance citado en (APrA, 2014).

Históricamente Alemania fue un motor importante del crecimiento en energía solar fotovoltaica residencial a pesar de poseer un recurso solar muy escaso. La Fig. 57 muestra el LCOE anual promedio de otros países en comparación a Alemania (IRENA, 2018). Un ejemplo paradigmático es el de Australia en donde, a pesar de los mayores costos de instalación, el recurso solar excelente hace que el LCOE residencial haya equiparado al de Alemania en 2011 y desde entonces, las reducciones de costo de instalación lograron una disminución continua. En el año 2017 la estimación LCOE fue 31% más bajo que en Alemania (IRENA, 2018).

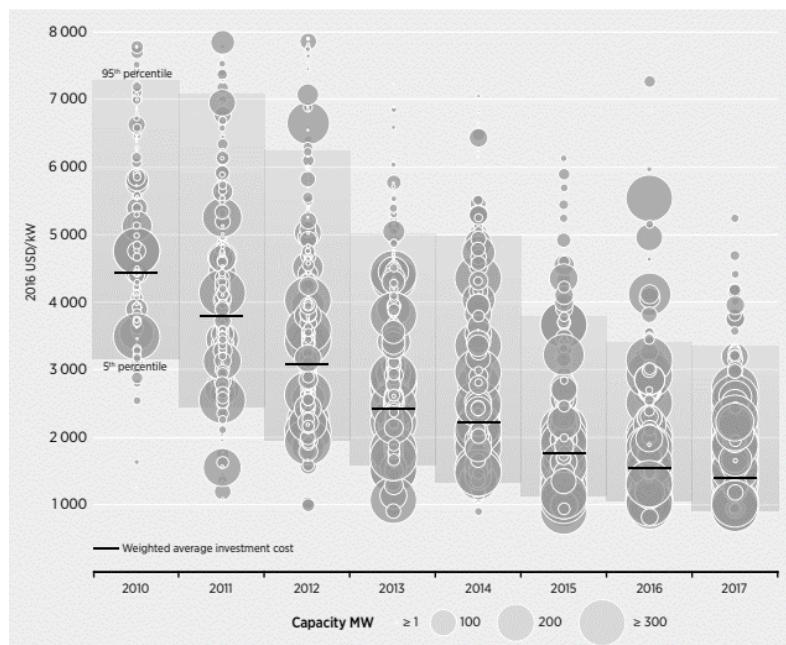


Fig. 56: Costo de instalaciones FV período 2010 – 2017.  
Fuente: (IRENA, 2018)

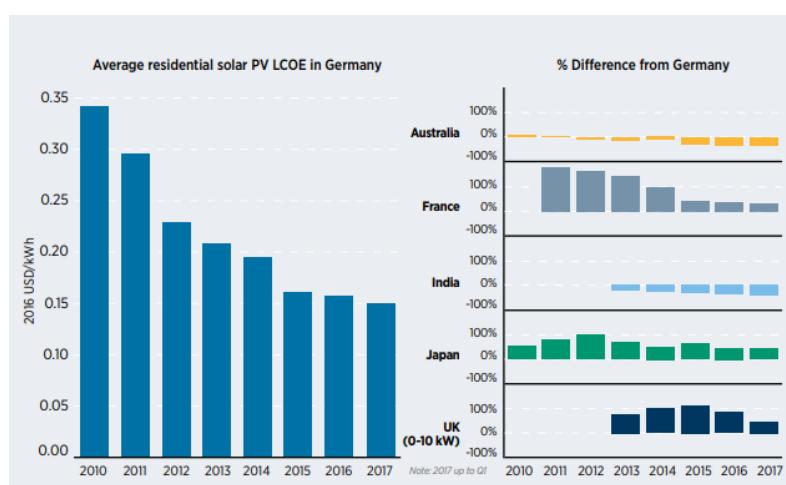


Fig. 57: Costos de sistemas FV residenciales en Alemania en comparación a otros países.  
Fuente: (IRENA, 2018).

### 3.5. Perspectiva profesional

Los profesionales de la construcción son actores fundamentales para la introducción de innovaciones en el campo del diseño y la materialización de las obras de la arquitectura.

Con el objeto de conocer la percepción de los profesionales de la construcción de la Región NEA sobre las energías renovables y en particular de la solar fotovoltaica conectada a red, se implementó una metodología cuali-cuantitativa, consistente en entrevistas semiestructuradas a actores clave (Presidentes de los Consejos Profesionales de las provincias de la Región NEA) y encuestas a 50 profesionales de la construcción.

#### 3.5.1. Actores clave del ámbito profesional

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los Presidentes de los Consejos Profesionales de las provincias de Chaco y Corrientes, sobre los siguientes tópicos:

- Energías renovables, energía solar, sus beneficios y obstáculos.
- Formación de los arquitectos para implementar SFV.
- Posibilidades y predisposición de los arquitectos para el trabajo interdisciplinario y capacidad de implementar innovaciones en el campo profesional.
- Acciones de capacitación propiciadas por los Consejos sobre las energías renovables.
- La vivienda social como programa para la implementación de SFV.

De las entrevistas se observa una muy buena predisposición de los funcionarios a responder con sinceridad, reconociendo algunas posibles limitaciones en su formación, pero con especial interés en la temática como un área a desarrollar.

Desde el punto de vista “declarativo” existe coincidencia en destacar la importancia de las energías renovables desde el punto de vista ambiental.

*“Yo creo que es lo que viene a futuro, es la tendencia hacia donde hay que ir, porque justamente dentro de nuestro país, de nuestro contexto, se necesita equilibrar la matriz energética y para eso se necesita tener energías alternativas que suplante a las no renovables como las fósiles y las demás convencionales para poder equilibrar y satisfacer las necesidades de la población, pero con este tipo de energías”* (Entrevista 19).

Entre los obstáculos se destacaron aspectos económicos y técnicos:

*“Los obstáculos son por un lado es el tema de la tecnología. Yo creo que en 10 años se fue mejorando o masificando de alguna manera la tecnología, a tal punto que ahora está al alcance de todos. Nosotros como país no conozco que generemos o hagamos la tecnología de los paneles fotovoltaicos, si la de colectores solares que es la que más se utiliza para calefones solares. Pero la de fotovoltaico siempre son importadas por lo que tiene un costo muy elevado. Ahora se está masificando y en ese sentido está teniendo más aceptación”* (Entrevista 19).

También se consideró al usuario como un posible obstáculo:

*“Nuestro usuario no está todavía familiarizado con ese tipo de energía y también hay que concientizar en la forma de uso, no solamente en que tiene que implementarlo dentro de su vivienda sino en la forma que debe hacerlo. Y para eso hay un montón de capacitación que se debe hacer. Yo siempre digo que la vivienda debe tener un manual no solo desde el punto de vista de la energía, sino desde el punto de vista general del uso de la vivienda, como cualquier elemento cuando uno lo vende y no estamos acostumbrado a eso”* (Entrevista 19).

*“Los obstáculos tienen que ver con la cuestión de los individuos, los conjuntos de individuos y nosotros vivimos crisis política estructural, que hace muy difícil que “la vean”* (Entrevista 20).

El contexto institucional aparece también como obstaculizador:

*“Nosotros tuvimos una reunión con la gente de SECHEEP (...) Lo que vi en ellos es que están tan sumergidos en toda su problemática, CAMMESA, colgados, los empleados... es imposible que puedan modificar algo de la realidad, aunque tengan todas las buenas intenciones. Nosotros que hacemos arquitectura, con nuestra coyuntura nos cuesta el doble poder hacer arquitectura, yo creo que depende de cada uno. No sé si esos funcionarios tienen esas ganas de innovar frente a tantos problemas cotidianos”* (Entrevista 20).

En general consideran que los arquitectos no están preparados para la implementación de SFV:

*“...dentro de la curricula nuestra del plan de estudio de nuestra facultad, no está contemplado (...) Las nuevas generaciones tienen más asumido el tema de la accesibilidad, el tema de lo bioclimático, el tema de sustentabilidad, las energías renovables. Pero los que estamos en la calle en este momento no. Es como que esto necesita hacer un click y hacer un cambio de paradigma en ese sentido. Por lo menos lo que veo acá en la zona. Veo que a nivel mundial los diseñadores están mucho más comprometidos con la sustentabilidad y la sostenibilidad”* (Entrevista 19).

*“...los arquitectos no estamos preparados, tocamos todo de oído y este tema es una ciencia en sí misma”* (Entrevista 20).

A pesar de ciertas carencias en la formación sobre la temática se considera que los arquitectos se encuentran predispuestos a trabajar interdisciplinariamente e innovar en parte promovido por una formación considerada bastante integral en el ámbito de la FAU UNNE y por otra parte propiciada por Consejos Profesionales interdisciplinarios.

Los Consejos no realizan acciones específicas de capacitación para impulsar las energías renovables, pero en general tomaron de muy buen agrado la posibilidad de hacerlo, comprometiéndose a la universidad para aportar en este aspecto.

En cuanto a si los barrios de vivienda son programas propicios para la implementación de SFV las respuestas fueron positivas, señalando también obstáculos como el usuario, la calidad de las viviendas y las dificultades del estado para innovar:

*“Si, creería que sí. Justamente son los más necesitados y te vuelvo a decir, yo creo que para implementar hay que capacitar. Si vos le ponés a cualquier estrato social una vivienda solar y no tiene los conocimientos, no la sabe utilizar no le va a sacar el mayor rendimiento. Yo creo que tiene que comenzar por ahí el tema de los paneles fotovoltaicos, porque es en forma masiva. Habría que analizar los costos, porque ahí de forma masiva, en cantidad se puede lograr bajar los costos... También si se implementa en viviendas sociales, implementa de cero en el mismo diseño. Cuando es una vivienda existente es más difícil, pero no es imposible”* (Entrevista 19).

*“Sería buenísimo, pero los institutos de vivienda están en una coyuntura. El producto que entregan es decadente, entregan la vivienda sin infraestructura. Se puede hacer un trabajo dejando cuestiones ejemplares y el que se queda en la vivienda lo puede seguir completando”* (Entrevista 20).

Justamente en el caso del Chaco el Presidente del Consejo señaló la necesidad de trabajar esta temática con las organizaciones intermedias como ser los gremios y cooperativas, lo que se considera un aporte, dado que en general se apunta al estado como el organismo responsable, que en la práctica, frente a tantas demandas y en un contexto de escasez económico no puede abocarse a temas considerados menos urgentes.

### **3.5.2. Opinión de los profesionales**

Con el objeto de conocer la visión de los profesionales en relación a las energías renovables, sus posibilidades de aplicación y experiencia profesional se realizó una encuesta estructurada mediante un formulario de Google Form (formulario on – line gratuito) con preguntas concretas. Esta encuesta se llevó a cabo sobre una muestra de cincuenta (50) profesionales de la construcción de las provincias de Chaco y Corrientes.

Los datos recabados fueron dirección de correo electrónico, edad, sexo, profesión (arquitecto, ingeniero, maestro mayor de obras, otro) y ocupación (profesional independiente, profesional en relación de dependencia, docente universitario, docente investigador, docente universitario u otra ocupación). En la Tabla 42 se detalla el registro completo de los participantes de la encuesta. Las preguntas se enfocaron a los siguientes observables:

- Importancia otorgada a las energías renovables.
- Tipo de energía renovable que considera más factible de implementar.
- Percepción personal sobre la propia formación de grado y trayectoria posterior en formación de posgrado en la temática.
- Iniciativa y experiencia profesional en la implementación de SFV.
- Percepción de los obstáculos para la implementación de SFV.
- Valoración del programa arquitectónico “barrio de vivienda” como posible campo de aplicación de los SFV.

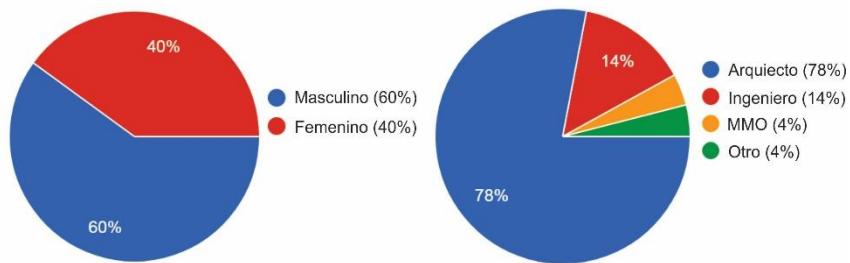


Fig. 58: Género y profesión de los encuestados.  
Fuente: Elaboración propia.

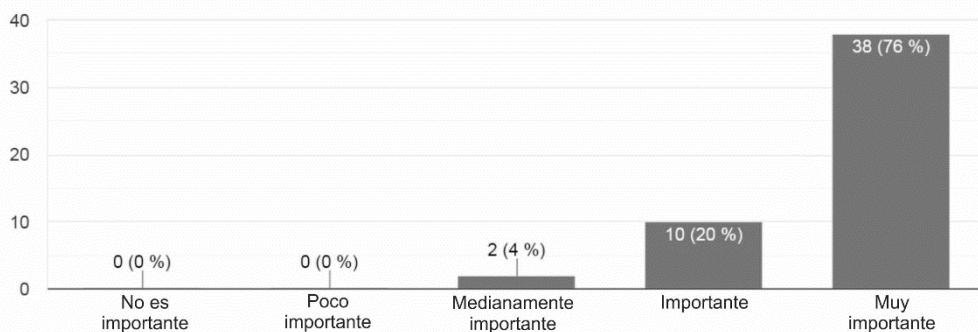


Fig. 59: Importancia otorgada por los encuestados a las energías renovables.  
Fuente: Elaboración propia.

La edad promedio de los encuestado es de 43,43 años de edad, con un 10% de menores de 30 años, 30% de entre 31 y 40 años, 36% entre 41 y 50 años, 18 % entre 51 y 60 años y 6% de más de 60 años. En la Fig. 58 se puede observar que del total de encuestados (60% de hombres y 40% de mujeres) el 78% son arquitectos, el 14% ingenieros, 4% Técnicos (Maestros Mayores de Obra) y 4% manifestaron encontrarse en otra situación (por ejemplo estudiantes avanzados que trabajan en la arquitectura).

En cuanto a la ocupación (y pudiendo elegir más de una opción), 35 manifestaron ser profesionales independientes, 16 trabajar en relación de dependencia, 19 docentes universitarios, 10 investigadores, 1 docente secundario y 4 encuestados manifestaron tener otra ocupación.

Ante la pregunta de la importancia de las energías renovables el 76% manifestó que son muy importantes, el 20 % importantes y 4% medianamente importantes (ver Fig. 59). Ningún profesional opinó que las energías renovables no sean importantes. El 4% de los que consideraron las energías renovables como medianamente importantes, corresponde encuestas respondidas por ingenieros.

Luego se solicitó a los encuestados que fundamenten su respuesta, las que fueron procesadas identificando las siguientes categorías de análisis (ver Tabla 15): fundamento ecológico, cuestión energética, aspecto económico, responsabilidad profesional, dimensión política, empoderamiento y aspectos socioculturales. Cada respuesta puede evidenciar más de una categoría de análisis.

Categoría de análisis	Cantidad de respuestas
Fundamento ambiental	39
Cuestión energética	10
Aspecto económico	9
Responsabilidad profesional	5
Dimensión política	2
Aspectos socioculturales	1

Tabla 15: Categorías identificadas sobre la importancia de las ER y su frecuencia de aparición.

Fuente: Elaboración propia.

El “fundamento ambiental” es el más recurrente (apareció en 39 de 50 encuestas), siendo el aspecto menos controversial, con comentarios siempre positivos sobre la relación entre energías renovables y ambiente:

“*Porque son fuente de energía limpias e inagotables*” (Encuesta 17, 56 años).

“*El uso de energía renovable contribuye a una reducción del calentamiento global y a un menor impacto medioambiental*” (Encuesta 23, 60 años).

“*Es una manera de cuidar al planeta*” (Encuesta 24, 39 años).

La “cuestión energética” también apareció como un tópico de interés (con 10 encuestados que lo señalaron), con respuestas como:

“*Es importante para diversificar la matriz energética, no depender de fuentes de combustibles interconectados y aprovechar la oferta energética de las energías renovables*” (Encuesta 13, 50 años)

El “aspecto económico” resulta controvertido, porque aparece para argumentar tanto las oportunidades como las amenazas en la implementación de las energías renovables. Entre las que consideran que la cuestión económica es un fundamento a favor de las energías renovables se observan respuestas como:

“*La energía renovable contribuye a una mejor calidad de vida y a una economía más estable*” (Encuesta 29, 32 años).

Y entre las negativas aparece la cuestión de los costos elevados de la inversión inicial.

“*No son de extendida aplicación por los costos*” (Encuesta 4, 35 años).

En cuanto a los aspectos relacionados a la cuestión profesional se presentaron algunas respuestas:

“*...aún no existen suficientes profesionales con conocimientos sobre el tema, ni técnicos o empresas que lo puedan instalar...*” (Encuesta 20, 61 años)

“*El arquitecto debería pensar en el todo, y el todo implica también ocuparse de las posibilidades y nuevas energías renovables*” (Encuesta 27, 30 años)

La dimensión política fue señalada en 2 respuestas, siempre como un obstáculo:

“*Considero un tema importante a implementar en nuestras obras y ciudades. Faltan políticas de estado que propicien su implementación. Aún no reemplazan otro tipo de energías que hoy mueven el mundo*” (Encuesta 46, 45 años)

Y también los que dudan desde una perspectiva política de la importancia de tender a las energías renovables, considerando que es necesario fortalecer las fuentes de generación concentradas:

*“Si bien es muy importante que en el país se desarrolle esta actividad y tecnología, no resolvería la problemática de fondo que es la falta central de base que permitan reemplazar a la generación que utilizan combustibles de origen fósiles. Además, mientras se requiera de subsidios para hacer posible los desarrollos de energías renovables, se estarán desviando fondos que son imprescindibles para resolver el enorme problema de la falta de centrales generadoras de base (atómicas e hidráulicas)”* (Encuesta 21, edad 61 años).

Entre los aspectos socioculturales una encuesta se señaló la falta de tradición en su aplicación:

*“Si bien es altamente recomendable en cuanto al ahorro energético y la disminución de la contaminación ambiental, todavía en la región no está muy difundido en la tradición de la gente...”* (Encuesta 20, 61 años)

En referencia a qué tipo de energía renovable considera más factible de implementar en la región (y pudiendo elegir más de una opción) el mayor número de encuestados consideró factible la implementación de energía solar con 94% de respuestas positivas, seguido de un 56% de la biomasa, 34% la hidráulica, 8% la geotérmica, 6% la eólica, 4% otra opción no prevista en la encuesta y ningún encuestado manifestó no saber qué tipo de energía renovable es factible implementar (ver Fig. 60). La respuesta evidencia conocimiento por parte de los profesionales de la temática, siendo justamente la solar y la biomasa las energías que poseen mayor potencial para la región. La Energía minihidráulica es considerada renovable, mientras que las grandes centrales son puestas en tela de juicio por los efectos ambientales que provoca.

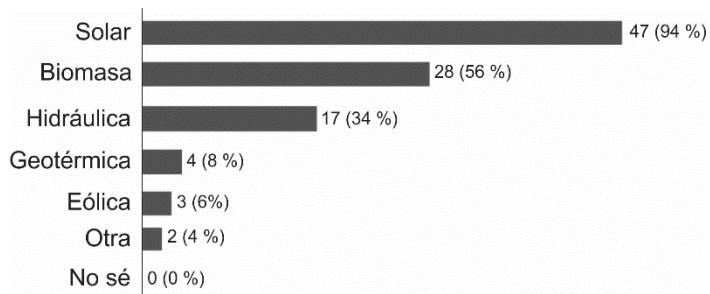


Fig. 60: Tipo de energía renovable considerada más factible de implementar.  
Fuente: Elaboración propia.

En relación a la pregunta “*¿alguna vez realizó un proyecto en el que propuso el uso de energía solar fotovoltaica?*” el 54% respondió positivamente y el 46% manifestó que no propuso nunca (ver Fig. 61 a la izquierda).

Pero en relación a la pregunta “*¿lograste construirlo?*”, el 80% manifestó que no lo pudo materializar, 4% que lo pudo construir parcialmente, 8% que está trabajando en eso y 4 % otra situación (ver Fig. 61 a la derecha).

Dos encuestados (4 %) manifestaron haber podido concretar su propuesta. Seleccionando esos casos para revisar las respuestas de texto se observa que en realidad se refieren a

instalaciones solares térmicas, en lugar de instalaciones fotovoltaicas que era el verdadero objetivo de la pregunta.

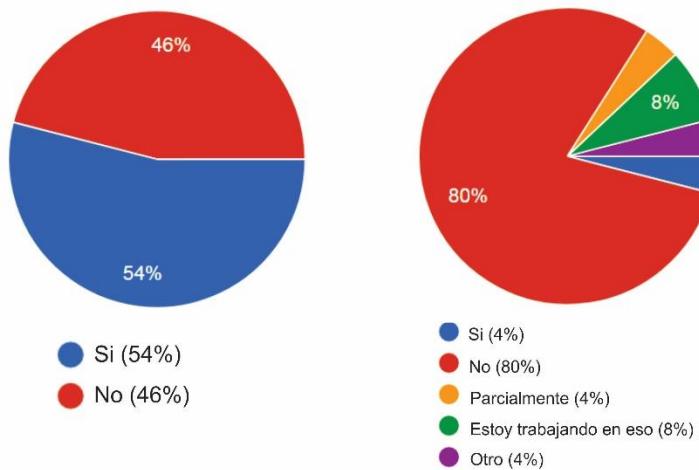


Fig. 61: Proyectos realizados implementando energía solar.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la valoración de su propia formación profesional de grado para implementar sistemas fotovoltaicos (ver Fig. 62) el 64% la considera entre muy mala y mala, el 28% la considera regular y solo el 8 % consideró que tiene una formación entre buena y muy buena.

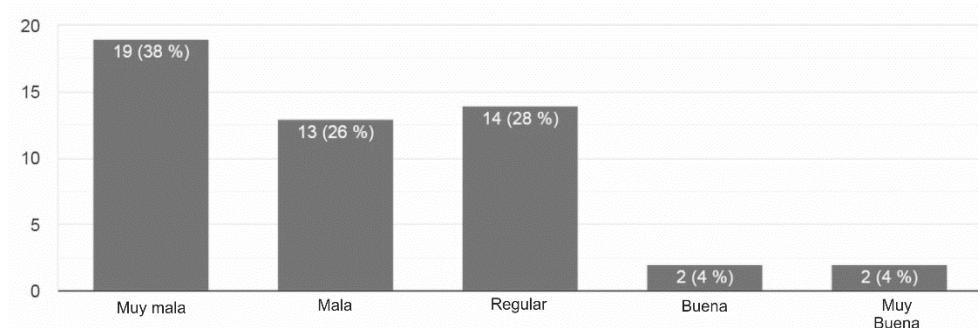


Fig. 62: Valoración de la formación de grado para implementar sistemas fotovoltaicos.  
Fuente: Elaboración propia.

En relación a su capacitación de posgrado en energías renovables, el 38% manifestó que no realizó una capacitación posterior, el 44% que asistió a charlas o cursos de capacitación, el 10% realizó cursos de posgrado, 2% realizó una carrera de especialización, el 2% maestría, el 2% doctorado y 2% otra situación no prevista en la encuesta (ver Fig. 63).

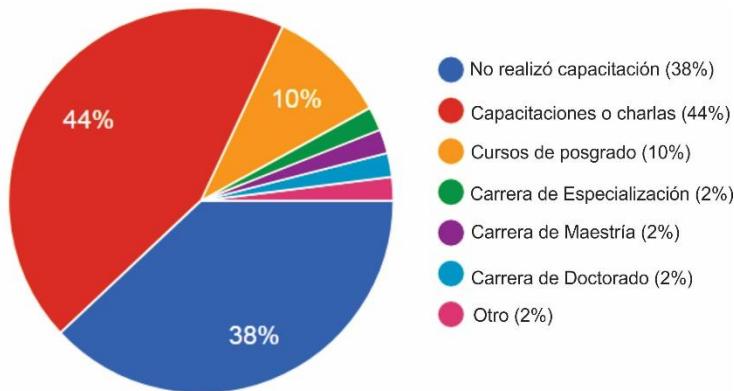


Fig. 63: Formación de posgrado en implementación de energías renovables.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los obstáculos para implementar sistemas fotovoltaicos en los edificios en la Región NEA, y con la posibilidad de elegir más de una opción, el mayor número de respuestas apuntó a la cuestión económica, con un 82% que considera que los costos son muy elevados y el 66% destaca la falta de incentivos económicos; un 54% señala la falta de mano de obra calificada, el 46% el bajo interés de los comitentes, el 44% carencias normativas, 40% su baja capacitación profesional en el tema, el 20% dificultades para conseguir materiales e insumos, el 8% señala las dificultades para trabajar en forma interdisciplinaria, el 4% señala que hay otros obstáculos no tenidos en cuenta en la encuesta, un 2% considera que no hay obstáculos para la implementación. Ningún encuestado manifestó no saber cuáles son los obstáculos.

En la Fig. 64 se puede observar un histograma ordenado de mayor a menor, de los obstáculos percibidos por los profesionales para la implementación de SFV. El mayor número de respuestas apunta a temas económicos.

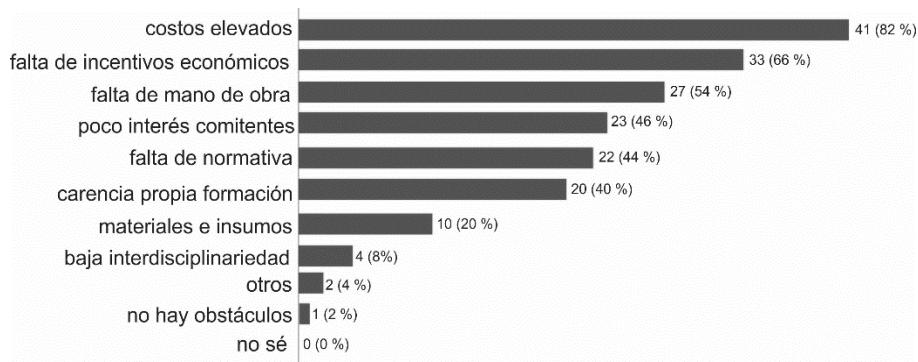


Fig. 64: Percepción de los profesionales sobre los obstáculos para la implementación de SFV.  
Fuente: Elaboración propia.

En relación a los barrios de vivienda como programa para la implementación de sistemas fotovoltaicos, como puede verse en la Tabla 16, el 78% de los encuestados manifestó que considera factible su implementación con 39 respuestas positivas, 14% duda sobre las posibilidades (principalmente basado en cuestiones económicas y culturales), 6% considera que no es un programa propicio y 2% restringe el caso a los SFA en viviendas dispersas o rurales.

Respuesta	Cantidad de encuestas	%
Si	39	78%
Duda (no sé, puede ser)	7	14%
No	3	6%
Si, en vivienda rural	1	2%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Tabla 16: Opinión sobre la posibilidad de implementar SFV en barrios de vivienda.  
Fuente: Elaboración propia.

Las fundamentaciones a favor se refirieron a los tópicos “escala”, “efecto demostrativo”, “ahorro en el consumo energético”, “rol del estado”, entre otros:

*“Si, ya que son construcciones de gran escala y sería de gran ayuda un aporte del estado para solventar consumos que hoy en día son difíciles de pagar para todos”* (Encuesta 7, 30 años).

*“Si, en el caso de los barrios de viviendas es más sencilla la implementación ya que para el estado la inversión claramente es recuperable en una reducción del consumo de energía eléctrica de la red y para los beneficiarios de las viviendas, el pago de los equipos se puede realizar con la misma financiación que la construcción de las viviendas”* (Encuesta 16, 45 años).

*“Si, aplicar este sistema en una vivienda es sencillo pero sus beneficios se notan en la cantidad. Plantear un barrio de viviendas demostrarían los beneficios de su implementación en la urbanización”* (Encuesta 49, 27 años).

Las encuestas que manifestaron dudas sobre las posibilidades señalan las cuestiones socioculturales como un obstáculo:

*“Si pero no en los barrios de la región donde el contexto socioeconómico este severamente comprometido, con todo lo que ello implica para la sostenibilidad de estos sistemas energéticos en el tiempo”* (Encuesta 21, 62 años).

Así como la cuestión de los altos costos y la falta de incentivos económicos:

*“Es una oportunidad el inconveniente son los costos hoy el mercado no marca diferencia económica para instalar cualquier equipo tanto fotovoltaico, solar o lo que fuere”* (Encuesta 26, 48 años).

Por motivos similares 3 encuestados opinaron que los barrios de vivienda no son un programa propicio para la implementación de SFV:

*“No considero factible porque la realidad social y cultural de ese usuario tipo, no se adaptaría con facilidad a estas tecnologías, que requieren atención y mantenimiento”* (Encuesta 25, 41 años).

Al finalizar la encuesta se abrió un campo no obligatorio para comentarios, opiniones, reflexiones sobre el tema de las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular. Un total de 24 encuestados no realizaron ningún comentario. Entre los que sí desearon explayarse más sobre el tema se realizó una categorización.

En 5 encuestas se encontró un análisis integral de las posibilidades de implementación de las energías renovables.

*“Considero que es de suma importancia que la promoción del uso intensivo de las energías renovables, se dé desde el ámbito académico y de los organismos del estado, estableciendo normas mínimas a la cual acogerse o cumplir, ya que sabemos que la mayor divulgación de este tipo de tecnologías favorecería la baja de los costos en general y la disponibilidad de profesionales y operarios disponibles para el mercado”* (Encuesta 5, 45 años).

*“Hay mucho desconocimiento en todos los niveles, profesionales y de usuarios. Desinformación sobre programas estatales de incentivo”* (Encuesta 17, 56 años).

*“Entiendo que la implementación de sistemas de servicio con energías renovables es un tema prioritario a nivel mundial. Sin embargo, considero que hay muchos obstáculos que salvar para que, en nuestra zona, y principalmente en barrios de viviendas populares, su uso sea viable, sistemático, y se convierta en una necesidad”* (Encuesta 19, 45 años).

*“Me parece muy bueno que se esté investigando y relevando sobre estos temas. Considero que hay que trabajar sobre varios temas para que la implementación se pueda dar, desde los valores, la difusión de información, los beneficios y principalmente una legislación que acompañe, como así también si estos temas se están trabajando desde la universidad, ver la forma de que los profesionales y empresas del sector puedan estar al tanto de los avances y/o poder acceder a los resultados del mismo”* (Encuesta 32, 45 años).

*“Principalmente, es necesario un mayor incentivo por parte del estado provincial y nacional para solventar los altos costos de fabricación, adquisición y mantenimiento, que implica la implementación de sistemas fotovoltaicos, como así también su reglamentación. Por otra parte, los arquitectos tenemos una gran responsabilidad en fomentar el uso de energías renovables, especialmente la energía solar, un recurso tan abundante en nuestra región NEA, partiendo de simples disposiciones de diseño de la envolvente arquitectónica, que muchas veces no se tienen en cuenta conllevando mayores gastos para climatización. Es necesario que los profesionales profundicemos nuestra formación técnica en el tema energético y trabajemos en forma interdisciplinaria para lograr estos objetivos, integrando al diseño los sistemas activos de energías renovables. Por ello, felicito tu iniciativa y agradezco tu consideración y estímulo para seguir este camino”* (Encuesta 38, 38 años).

En 4 encuestas se señalaron cuestiones técnicas, consideradas tanto como dificultades o desafíos.

*“Los sistemas fotovoltaicos, en mi opinión, que ignoro bastante del tema, no son factibles, dado que los acumuladores no presentan suficiente capacidad para abastecer equipos de mayores consumos. Por ejemplo, una bomba de agua (justamente para zonas rurales), estufas, acondicionadores de aire, etc.”* (Encuesta 25, 41 años).

*“El desafío es si la energía renovable puede alimentar a un estilo de vida moderno, que entendemos que sí lo puede hacer, y cuál sería mejor manera de financiar y acelerar su despliegue. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, las tecnologías utilizadas en la actualidad son mucho más eficientes, cada vez más capaces de generar energía incluso en condiciones menos óptimas, como baja*

*irradiación solar. Por otro lado, tengo entendido, que las tecnologías de almacenamiento de energía están y siguen mejorando continuamente”* (Encuesta 29, 32 años).

En 4 encuestas se resaltó la relación entre la generación fotovoltaica y la arquitectura sostenible.

*“A diferencia de otras instalaciones, como la eléctrica, cuyos desechos son difíciles de almacenar, las instalaciones solares no crean ningún tipo de residuo. De hecho, pueden ser reciclados y, por lo tanto, tiene consecuencias muy bajas de impacto ambiental”* (Encuesta 23, 60 años).

*“El uso responsable de los recursos tanto en la generación de energía como en el uso y reutilización del agua tanto de red, reutilización de aguas grises y captación y uso de las pluviales, uso adecuado de materiales y sistemas pasivos de aislamientos y correcta orientación para mejorar iluminación y ventilación natural, etc. nos permite un desarrollo con menor impacto ambiental”* (Encuesta 30, 45 años).

*“Es fundamental la incorporación de energías renovables en los proyectos de arquitectura, reduciendo el consumo de energías convencionales y aprovechar en este caso el asoleamiento de nuestra zona”* (Encuesta 34, 40 años).

*“Las energías renovables significan economía para un país evitando agotar recursos naturales siendo una alternativa respetuosa con el medio ambiente”* (Encuesta 37, 42 años).

En 3 encuestas se observó el tema económico, en general en forma positiva y con esperanzas de mejora.

*“Creo que falta una pata fundamental de este tema es que no hay legislación provincial en la que las distribuidoras de energía comprén o premian a los que inyecten a la red energía generada por estos medios descontar de la factura”* (Encuesta 33, 33 años).

*“Creo que es súper importante. Creo que en un futuro cercano los costos se irán acomodando y se implementará en forma masiva”* (Encuesta 41, 42 años).

*“Es necesario y urgente aplicar energías renovables. Estamos desperdiando tanta energía solar en nuestra región. Y pagando tan cara la energía eléctrica. Por otro lado, considero q es fundamental la formación de grado en estos temas. No sé hoy que profundidad abordan... pero en la época que cursé... no se vio casi nada...sólo lo que aprendí por motivación propia”* (Encuesta 45, 39 años).

En 3 encuestas se comentó el interés que despierta el tema en el ámbito profesional.

*“Es un tema interesante que merece importancia en el contexto actual y además necesita de aval científico para su promoción y demostración de sus posibilidades, tanto técnicas como en lo que se refiere a la búsqueda de alternativas sostenibles en el desarrollo del hábitat”* (Encuesta 22, 30 años).

*“Es un tema apasionante, faltan políticas de intervención sobre el tema, la limitante es el costo tanto de equipos y capacitación, no se ve en el resultado*

*inmediato una economía si a largo plazo, es lo que no se ve en la toma de decisiones del sistema” (Encuesta 26, 48 años).*

En 2 encuestas se relacionó las energías renovables con el futuro.

*“Las energías renovables deben ser el presente, aunque por ahora se presentan como el futuro” (Encuesta 36, 38 años).*

*“Estas energías son el futuro inmediato. Y resultan de un gran interés. Por lo cual estoy dispuesto a una mayor participación” (Encuesta 47, 56 años).*

También el espacio fue utilizado en un caso para señalar cierta desconfianza acerca de los intereses que motivan el impulso de las energías renovables.

*“El desarrollo de estos sistemas debe ser progresivo hasta alcanzar índices reales de sustentabilidad. Mientras tanto será un buen negocio para pocos” (Encuesta 40, 63 años).*

De la encuesta realizada se extraen algunas conclusiones como ser:

- El alto grado de interés que manifiestan los profesionales sobre las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular.
- Si bien aproximadamente la mitad de los encuestados manifiestan haber propuesto alguna vez un SFV, solo 2 profesionales afirman haberlo concretado, pero al revisar integralmente la encuesta se infiere que en realidad se trata de sistemas solares térmicos. Por lo que ningún profesional habría construido un SFV.
- Los profesionales consideran baja su formación de grado en relación a las energías renovables. En cuanto a la formación de posgrado en relación a las energías renovables el 82% no realizó ningún estudio o solo asistió a alguna charla o capacitación. Un 10% afirma haber realizado un curso de posgrado y el resto otras situaciones.
- En general los profesionales son conscientes de los obstáculos que existen para la implementación de la energía solar fotovoltaica en la arquitectura.
- Un alto número de encuestados (el 78%) consideró que los barrios de vivienda de interés social son un programa propicio para la implementación de SFV, fundamentado en cuestiones como “escala”, “efecto demostrativo”, “ahorro en el consumo energético” y “rol del estado”.
- La faceta ambiental de las energías renovables y en particular de la Solar Fotovoltaica ha sido altamente ponderada. Sin embargo, se señalaron obstáculos económicos y técnicos para su implementación.

### 3.6. El usuario

Otro factor fundamental que condiciona la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” en el contexto de análisis es el usuario que pocas veces se tiene en cuenta en su real dimensión, peso e injerencia en las posibilidades de implementación-apropiación de la tecnología.

En general en el ámbito tecnológico hay un énfasis en la “implementación” y se dejan relegadas las posibilidades de “apropiación”, por parte de los individuos y la sociedad, considerando implícitamente que se dará de forma automática. Es ésta una visión ingenua y simplista, que no favorece la evolución de las tecnologías.

La “apropiación tecnológica” es un concepto utilizado para explorar la relación entre la “tecnología” y el “individuo” y describir el proceso mediante el cual una tecnología pasa de ser desconocida a ser parte de la vida diaria (Quezada & Pérez Comisso, 2016).

Las etapas de un proceso de apropiación tecnológica son: acceso, aprendizaje, integración/incorporación y posible transformación. Los resultados pueden ser la “no apropiación”, la “desapropiación” y la “apropiación tecnológica”. La “apropiación” es un proceso dinámico mediante el cual las tecnologías son incorporadas en las prácticas y saberes de las personas. Esto marca el énfasis en que la tecnología es un ente activo en la creación de esta relación (Quezada & Pérez Comisso, 2016).

En particular, en relación al tema de estudio, este punto aparece como definitorio: la capacidad del sujeto (individual o colectivamente) de apropiarse de la tecnología de los SFCR en el contexto de estudio.

En la sociedad preindustrial la gran mayoría de todos los alimentos, bienes y servicios producidos por la especie humana, eran consumidos por los propios productores, sus familias o una pequeña élite, que recogía los excedentes para su propio uso. La sociedad industrial separó violentamente dos aspectos de la vida del ser humano: producción y el consumo. En la era posindustrial existe una tendencia a reconciliar ambas partes con sujetos o unidades familiares que vuelven a producir y consumir, es decir que se transforman en “prosumidores” (Toffler, 1980).

Esta idea resulta especialmente fértil en el contexto del presente trabajo, en el que a partir de la GD de la energía solar FV es factible modificar la forma en que el usuario concibe la energía y pasa de un rol pasivo a un nuevo protagonismo en el que a la vez produce y consume.

El retorno a la idea del prosumidor no pretende ser una mirada romántica e ingenua, un regreso “a la era de las cavernas” (Latour, 2017), identificadas con las instalaciones autosuficientes, desconectadas de la red por opción o por no contar con ella (como ser el caso de grandes sectores rurales del país).

“Aislarse de la red” resulta una representación idealista y drástica de las potencialidades de aplicación de la energía solar. El desafío es fusionar tecnologías nuevas y antiguas en busca de diseños más inteligentes, que no desconozcan el flujo de energía y su infraestructura, sino que lo perfeccione (Braungart & McDonough, 2005).

El sujeto asume así un nuevo rol activo que rompe esa cuña invisible entre producción y consumo en muchos aspectos (auge del hágalo usted mismo, huertas comunitarias, resurgimiento del trueque, etc.) y que encuentra en la dimensión energética un impacto privilegiado, demostrativo y paradigmático, hasta ahora inimaginable, facilitado por las nuevas tecnologías y una nueva conciencia ecológica cada vez más comprometida.

También resulta necesario evaluar las posibilidades concretas del usuario de lograr este protagonismo, en especial en el contexto de los barrios de vivienda, que como se verá a continuación en la Argentina tiene como modelo dominante el de las “políticas llave en mano” que no prevén instancias participativas, por lo cual este nuevo contexto resulta altamente disruptivo.

### 3.7. Condiciones ambientales y urbanas del contexto de estudio

#### 3.7.1. La ciudad de Resistencia

La ciudad de Resistencia, capital de la Provincia del Chaco, se encuentra localizada en las cuencas de los ríos Paraná, Negro y riacho Arazá. Conforma con los municipios de Barranqueras, Puerto Vilelas, Fontana, Puerto Tirol, Colonia Benítez y Margarita Belén, el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), totalizando una superficie de 33.578 hectáreas. Sus coordenadas son: Latitud Sur 27°27'38" S y Longitud Oeste 58°59'02".

Con la ciudad de Corrientes constituye el polo regional de mayor relevancia de la región NEA (Noreste Argentino), constituyendo un punto estratégico a nivel continental, en la intersección de dos corredores fundamentales para el MERCOSUR: la Hidrovía Paraná – Paraguay, con dirección norte – sur; y con dirección este – oeste el Corredor Bioceánico. En la Fig. 65 se observa la conurbación del AMGR y la proximidad a la capital correntina.

##### 3.7.1.1. Aspectos físico-ambientales

Está emplazada en el valle de inundación del Río Paraná. La horizontalidad del terreno da lugar a un drenaje indeciso de cursos de agua como el Río Negro y el Riacho Arazá, sobre un territorio de muy suave pendiente de noroeste a suroeste.

El clima es cálido sin estación seca, con una temperatura media anual de 21°C. Las temperaturas en verano superan los 25°C alcanzando los 43°C. En invierno las temperaturas superan los 10 °C, en escasas ocasiones bajan de los 0°C. En la Tabla 17 se pueden observar los datos climáticos más relevantes.

	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	HR	HELRE	VM
Invierno	16,76	22,5	10,9	-4,7	-1,8	210	79	4,9	10,0
Verano	26,10	32,1	20,1	41,6	39,8	641,2	73,3	7,1	9,3

Tabla 17: Datos climáticos más relevantes de la ciudad de Resistencia.  
Fuente: elaboración propia en base a (IRAM 11603, 2011).

La precipitación promedio anual de 1.300 mm. Como se observar en la Tabla 18 se presentan tres tipos de años: húmedos, promedio y secos. La provincia del Chaco se caracteriza por la alternancia entre temporadas de sequías e inundaciones.

Meses	Sept	Oct	Nov	Dic	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Máximo	99	181	158,1	167	222	171,2	200	284,9	97	87,5	54	60	1781,7
Medio	68	132	133	122	178	149	157	143	83	48	47	48	1309,2
Mínimo	43	108	98	78	148	116	116	75	62	31	40	36	951

Tabla 18: Precipitaciones medias mensuales de Resistencia.  
Fuente: (Chejolán Ramski & Romero, 2018)



Fig. 65: Área Metropolitana del Gran Resistencia.  
Fuente: elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro, sin escala

La ciudad se encuentra emplazada sobre el cauce de inundación del río Paraná. Para evitar las recurrentes inundaciones de tipo fluvial se construyó una Defensa perimetral, que sumado a la escasa pendiente da por resultado una alta vulnerabilidad a las inundaciones pluviales. Precipitaciones con intensidades altas generan anegamientos por la falta de pendiente e infiltración, que pueden extenderse superficial y temporalmente.

Los vientos predominantes son Sur (vientos fríos), el llamado viento Norte (muy cálido y seco). La dirección dominante es Este y la velocidad promedio anual de los vientos es 1,5 km/h.

La radiación solar es buena con una generación anual de 1,80 MWh/m<sup>2</sup> para un ángulo óptimo de 21,32 grados (Righini & Grossi Gallegos, 2011). En la Fig. 66 se observa los datos de radiación solar en Colonia La Amalia (estación de medición cercana a Resistencia), para el año 2018 de acuerdo al Ministerio de Producción de la provincia del Chaco.

Las mediciones se iniciaron a fines del mes de enero de 2018 (por lo que no se cuenta con parte de los datos de ese mes). La radiación solar disminuye en invierno y aumenta en verano.

Según la NORMA IRAM N° 11.603 la ciudad de Resistencia se ubica en la ZONA I: Muy cálida que comprende la región donde los TEC media, en el día típicamente cálido, son superiores a 26,3°C. Durante la época estival todas las zonas presentan 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.

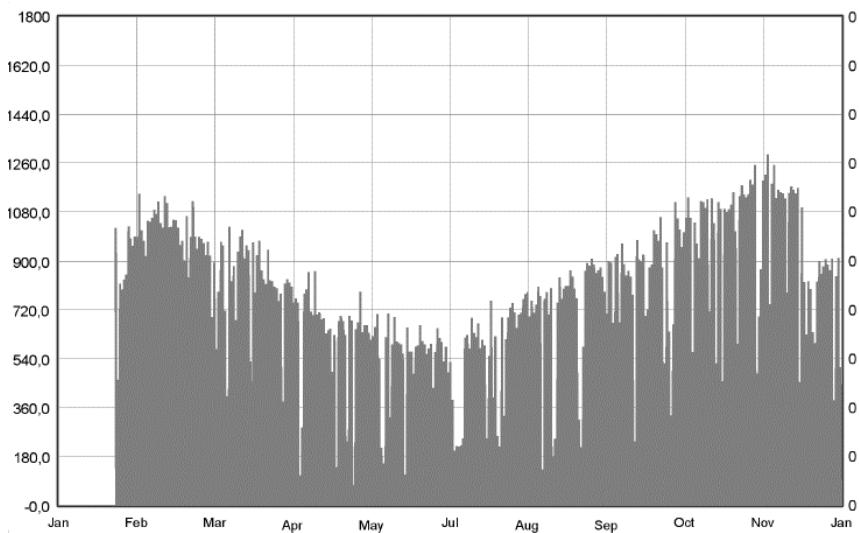


Fig. 66: Radiación solar año 2018, estación “La Amalia” cercana a Resistencia.

Fuente: (Ministerio de la Producción, 2019).

Corresponde a la Subzona Ib, de características húmedas y con amplitudes térmicas menores a 14°C. Las recomendaciones para la Zona I de acuerdo a la Norma IRAM N° 11.603 (2011) son:

1. Colores claros en paredes exteriores y techos.
2. Gran aislación térmica en techos y en las paredes orientadas al este y al oeste.
3. El eje mayor de la vivienda será preferentemente, Este - Oeste.
4. Proteger las superficies de incidencia de la radiación solar. Para las ventanas, si es posible, no orientarlas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie.
5. Un diseño que permita la ventilación cruzada de la vivienda es fundamental, dada la influencia benéfica del movimiento sensible del aire, para disminuir la falta de confort higrotérmico.
6. Si bien en esta zona el invierno reviste limitada importancia, se deja a criterio del proyectista las condiciones de diseño que se deben adoptar.

### 3.7.1.2. Aspectos socio-económicos

En cuanto a los aspectos socioeconómicos la ciudad de Resistencia según datos del Censo 2010 posee 290.723 habitantes (lo que resulta muy gravitante sobre el total provincial de 1,06 millones de habitantes). El crecimiento poblacional registrado entre 2001 y 2010 fue de 7,2%, menor al observado a nivel nacional y de la Región Noreste, a la cual pertenece (Dirección Nacional de Asuntos Provinciales, s.f.)

La ciudad en los últimos 40 años ha sufrido un vertiginoso crecimiento poblacional triplicando su población con la consecuente expansión urbana. Este proceso se vio favorecido por la estructura de trama reticular de trazado ortogonal que posee, la cual se conforma por manzanas de 100 x 100 metros que forman parte de una progresión modular (chacras de 1000 x 1000 metros) que se extiende a las áreas rurales circundantes facilitando la extensión del damero y dando lugar a una forma de planeamiento inconsciente y cómoda que ha hecho

del crecer natural de la ciudad algo ordenado, con la única limitación que imponen las lagunas que lo interrumpen (Borges & Scornik, 2001).

En lo que se refiere a los usos del suelo presenta un uso residencial de un 55% de la superficie urbana, mientras que el uso vial llega al 30%. El uso industrial ocupa el 9,38%, los que corresponden al equipamiento institucional, administrativo y financiero solamente el 2,74%, encontrándose básicamente en el área central del AMGR; mientras el uso comercial ocupa el 1,65% y los espacios verdes ocupan sólo un 1,10%, otros usos el 0,13% (Scornik, 1998).

### **3.7.1.3. Aspectos físico-urbanísticos**

La ciudad se encuentra girada 45° con respecto al Norte, con el objetivo de que todas las orientaciones cuenten con algunas horas de sol. Como se señaló en el apartado “Geometría Solar” la orientación óptima de los módulos solares es hacia el norte. Lo que desde un punto de vista arquitectónico y urbanístico no sería practicable en la gran mayoría de los casos. Las orientaciones óptimas factibles de implementar en este contexto son la Noroeste (315° azimut) y Noreste (45° azimut).

Cuenta con Código de Planeamiento Urbano que establece alturas máximas de acuerdo a la zonificación, lo que representa un aspecto favorable para el análisis de posibles implementaciones fotovoltaicas en el presente y un futuro próximo.

En cuanto a la infraestructura básica de la ciudad, la red de energía eléctrica es tal vez la que genera menos conflictos para la extensión del servicio, ya que se cuenta con la energía suficiente (frente a servicios altamente deficitarios como ser el de cloaca o pavimento urbano). El estado de conservación de las redes de media tensión es bueno. En cambio, entre las de baja tensión hay un 30% de líneas (generalmente de cobre) con vida útil agotada que exige una remodelación completa, trabajo que debe realizarse en forma progresiva a través de planes anuales.

Sin embargo, son recurrentes los cortes del servicio, generalmente en verano en horarios de la siesta, debido al exceso del consumo.

### **3.7.2. Políticas de vivienda**

A nivel nacional la vivienda estatal destinada a los sectores de menores recursos económicos se concibe como un cuadro funcional estable y se materializa como un espacio mínimo destinado al alojamiento generalmente a través de operatorias de tipo “llave en mano”. Su localización territorial se dio generalmente en ámbitos urbanos pero periféricos (Fiscarelli, 2018) exigiendo la extensión de la infraestructura (cuestionable desde el punto de vista económico y ambiental), generando áreas intersticiales de gran especulación inmobiliaria y condicionando el desarrollo de actividades complementarias en general no previstas.

En la ciudad de Resistencia, si bien existieron iniciativas previas puntuales y aisladas, los primeros antecedentes de barrios de viviendas sociales se construyen durante el período Peronista (1945 a 1955) en el marco de los planes quinquenales que incluían a la vivienda como uno de sus objetivos básicos. Se construyen los primeros tres barrios en la ciudad de Resistencia, propiamente dicha, Barrio Ferroviario, Monseñor de Carlo y Progreso y Arazá.

En la década del 60, las políticas tendieron a canalizar la acción a través del crédito individual lo que llevó a la consolidación de la trama al construirse en terrenos privados con servicios. En este período se produjo una crisis económica que afectó directamente al campo (“crisis

del algodón”), intensificándose de esta manera la emigración rural a los centros urbanos, siendo el principal receptor del éxodo rural el área de Resistencia.

En la década del 60 y 70 en el país se despliegan interesantes debates teóricos, innovaciones tecnológicas y prometedoras experimentaciones proyectuales que orientaron la agenda temática de los estudios de arquitectura en torno al programa “barrio de vivienda social”. Retomando ideas herederas de la práctica proyectual moderna, se extendió el análisis sobre una variedad de tipologías previamente ensayadas, pero indagando alter-nativas sobre los modos de agrupamiento de las unidades al igual que sobre sus espacios de uso colectivo. Las propuestas, que canalizaron aspiraciones de transformación social, tomaron como referencia diversas formas de urbanidad de carácter espontáneo o “informal” de los sectores populares de los principales núcleos metropolitanos (Fiscarelli, 2018).

Es a fines de la década del 60, después de producirse grandes inundaciones, que el Estado intensifica su acción atendiendo a los sectores de menores recursos con el Plan PEVE (Plan de Erradicación de Villas de Emergencia). A nivel provincial el plan adquirió el nombre de PEVEP (Plan de Erradicación de Villas de Emergencia Provincial) y a través de la Dirección de Viviendas ejecuta el Barrio Independencia (250 viviendas) mediante un programa de ayuda mutua, el Barrio Don Enrique (224 viviendas), el Barrio Río Negro (470 viviendas) y el Barrio Toba primera etapa (109 viviendas).

En forma simultánea se realiza el Barrio Paykín (188 viviendas) por el Plan Federal de Viviendas, financiado por el Banco Hipotecario Nacional y el Barrio Villa Don Enrique (336 viviendas) a través del Plan VEA. El Barrio Villa Don Enrique, asentado sobre las tierras del Atuel, se constituyó como núcleo generador de un sector que sería el escenario principal de acción estatal en la década del 80, en cuanto a políticas habitacionales.

Siguiendo los objetivos y planes de nivel nacional, en la Provincia del Chaco se implementaron acciones a través de la Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo, dependiente del Ministerio de Bienestar Social. Durante este período se implementaron tres planes a nivel nacional: el Plan “17 de octubre”, el Plan “Eva Perón” y el Plan “Alborada”.

A través del plan “17 de Octubre”, se otorgaba créditos a entidades intermedias, sindicatos, cooperativas, asociaciones sin fines de lucro, mutuales, ahorristas del Banco Hipotecario Nacional y consorcios, con destino a la construcción de núcleos habitacionales, destinados a grupos sociales que poseen cierta capacidad mínima de ahorro, a través del Organismo Provincial de viviendas mediante el otorgamiento de cupos y el aval de los proyectos, y manejada por el BHN (Torres Cano, Dimarco, Dimarco, Leiva, & Presman, 2001). Se construyeron los barrios: San Cayetano (732 viviendas), Jorge Newbery (192 viviendas), Empleados Bancarios (71 viviendas), Empleados de Correos FOECYT (81 viviendas), Edificios de Departamentos Santa Gertrudis I (64 viviendas) y II, Edificio de departamentos de los viajantes (64 viviendas) y conjunto habitacional La Fabril.

En 1977 la Ley N° 2.194 crea como entidad autárquica de derecho público el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV), en remplazo de la Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo, siendo el órgano competente del ámbito jurisdiccional de la Provincia del Chaco a todos los efectos previstos en la ley Nacional N° 21.581, de creación del Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI), principal fuente de recursos financieros y mecanismos técnicos y administrativos particularmente orientados a la construcción de viviendas agrupadas, con la conveniente dotación de infraestructura, de servicios, de equipamiento comunitario y obras complementarias.

Las operatorias del FONAVI se caracterizaron por las licitaciones de proyecto y precio, sobre el supuesto de la economía de escala, en los que las empresas oferentes de las licitaciones, debían aportar el terreno y el proyecto de vivienda de superficie estimada de 60 m<sup>2</sup>, con posibilidades de mejora en la cantidad o la calidad, o la provisión de equipamientos.

Es a partir de esta operatoria que se construyen los grandes conjuntos habitaciones entre los que encontramos (por sólo nombrar algunos) los siguientes barrios: Provincias Unidas I (1003 viviendas), II (210) y III (164); España (1063) y España II (237); Golf Club (1000); Güiraldes I (1208), II (240) y III (176) y Santa Inés (1000).

Son estos grupos habitacionales los que se encuentran en peor estado de conservación edilicia y en algunos casos de conflictividad social. Desde el punto de vista ambiental su diseño ha ido en detrimento de la calidad de vida de sus usuarios siendo una de las causas la baja participación de los beneficiarios, con un desajuste entre las soluciones planteadas en tableros lejanos y las necesidades y aspiraciones de una población totalmente ignorada como factor de diseño.

Hacia la década del '80, una desconfianza generalizada ocasionada por el fracaso de los grandes conjuntos de vivienda, inserta en un proceso de deterioro creciente del nivel de vida, llevó a que la recuperación del gobierno democrático convocara nuevas políticas que hicieron foco en la dimensión social y de gestión económica del problema de la vivienda. Se incorporaron como preocupaciones la provisión de servicios urbanos —entre ellos, la regularización dominial— pero se fueron relegando las indagaciones específicamente proyectuales, que permanecen postergadas (Fiscarelli, 2018).

La creciente descentralización planteada a partir de la década del 90, ha generado nuevas propuestas en cuanto a políticas habitacionales. Básicamente se ha pasado de la construcción de conjuntos masivos a la de grupos habitacionales más reducidos, en parte alertados por los estudios que demostraron que este tipo de disposiciones barriales promovían patologías sociales como la delincuencia y la drogadicción y, por otra parte, restringía la relación de pertenencia de los vecinos al barrio, generando una caída importante de la calidad de vida en ellos.

En el año 1993, el IPDUV, se promulga la Resolución 10/20, bajo el principio de la descentralización administrativa y la incorporación de las Entidades de la Comunidad como actores sociales participantes de este tipo de operatorias, a través de un financiamiento compartido. En su artículo primero, del Anexo I, expresa “mediante la presente operatoria de financiamiento compartido, el IPDUV otorgará asistencia financiera parcial con recursos FO.NA.VI. y/u otros que disponga a entidades Públicas o Privadas, tengan o no fines de lucro, que por sí o asociadas, promuevan y ejecuten Emprendimientos Habitacionales como la construcción de Infraestructura complementaria, Obra nueva, Reciclaje, mejoramiento o completamiento de viviendas”.

A partir de esta resolución, las propuestas habitacionales dejan de regirse únicamente por los lineamientos nacionales, sino que deben cumplir adecuadamente con las normas locales que rigen en la materia y contar con las aprobaciones y factibilidades correspondientes. Es decir que deben realizar las gestiones de cualquier obra particular (Municipalidad, Empresas Prestadoras de Servicios, etc.)

En cuanto a los proyectos se intenta que contribuyan con su emplazamiento a la consolidación y mejoramiento del tejido urbano donde se inserten, priorizando el completamiento de las áreas intersticiales, optimizar el rendimiento de la infraestructura instalada o prever la

ejecución de redes de servicios que fueren necesarias, estar localizadas en áreas destinadas a uso predominantemente residencia y contar con el equipamiento comunitarios básico (educación, sanidad, seguridad, etc.), ajustándose a las normas y códigos vigentes. Sin embargo, esta situación, en muchos casos, resulta difícil de materializarse, debido al alto costo de los terrenos intersticiales (sobre los que se genera una alta especulación inmobiliaria) y por la escasez de infraestructura y equipamiento en áreas no centrales de la ciudad de Resistencia.

Durante el lapso 2003–2015 se desplegó en Argentina una política de vivienda que, en términos financieros, metros cuadrados construidos y cobertura territorial, se consolidó como el programa nacional de mayor envergadura luego de la crisis económica de 2001. En este escenario crítico, esta iniciativa pública ejerció un rol destacable en términos de movilización de la actividad económica a través de la obra pública, promoviendo la reactivación del sector de la construcción y, al mismo tiempo, la generación de empleo formal (Fiscarelli, 2018).

Las acciones se efectivizaron a través una serie de programas federales que se asentaron sobre las estructuras preexistentes de las diversas gestiones. El Programa Federal de Construcción de Viviendas y el Programa Federal de Mejoramiento de Viviendas “Mejor Vivir” fueron lanzados en julio de 2004 como parte del conjunto de programas y subprogramas que se orientaron a remediar el déficit mediante la promoción de la construcción de más de 400.000 viviendas nuevas en cuatro años.

En el marco de políticas de descentralización, a principios de 2005 fueron anunciados el Subprograma de Construcción de Viviendas con Municipios y el Subprograma de Urbanización de Villas y Asentamientos Precarios (Fiscarelli, 2018).

### **Situación habitacional actual en Resistencia**

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.

En la Fig. 67 se 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 más agudos, como ser el Güiraldes I, II y III, que en total conforman 1.624 viviendas, que en la actualidad conforma un foco de inseguridad y degradación.

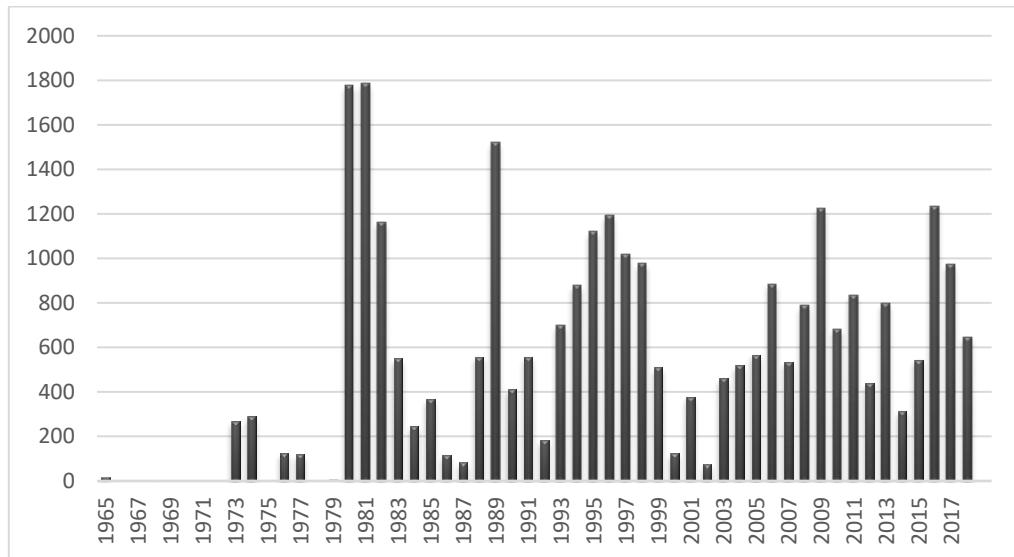


Fig. 67: Cantidad de viviendas construidas por el estado en la ciudad de Resistencia.  
Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por el IPDUV, 2018.

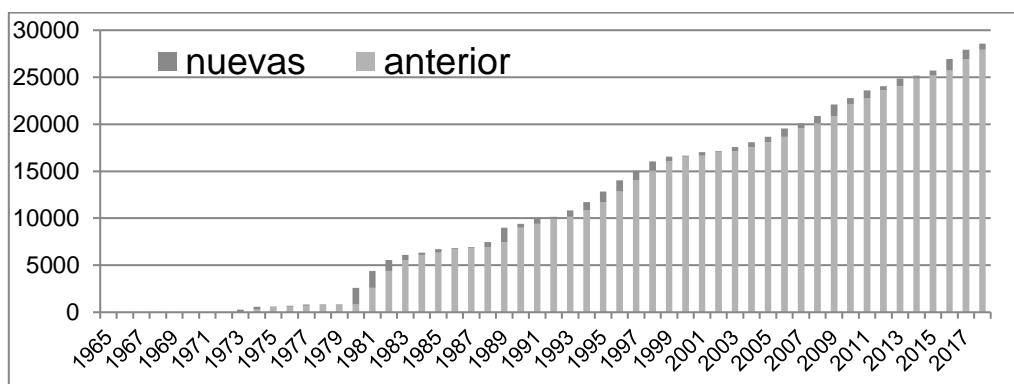


Fig. 68: Variación interanual acumulada de viviendas sociales en la ciudad de Resistencia.  
Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por el IPDUV, 2018.

Un aspecto favorable de estas operatorias, fue la provisión de equipamientos junto a las viviendas o por lo menos las reservas de espacio para su futura construcción y que en general contaban con una infraestructura más o menos completa.

La necesidad de contar con amplios terrenos por la escala justificó el asentamiento en terrenos muy alejados, que requirieron una alta inversión en la extensión de infraestructura y servicios, generando áreas intermedias de especulación inmobiliaria.

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 ONG's que producen agrupaciones pequeñas, de hasta 100 viviendas, generalmente de viviendas individuales con patio y posibilidades de expansión.

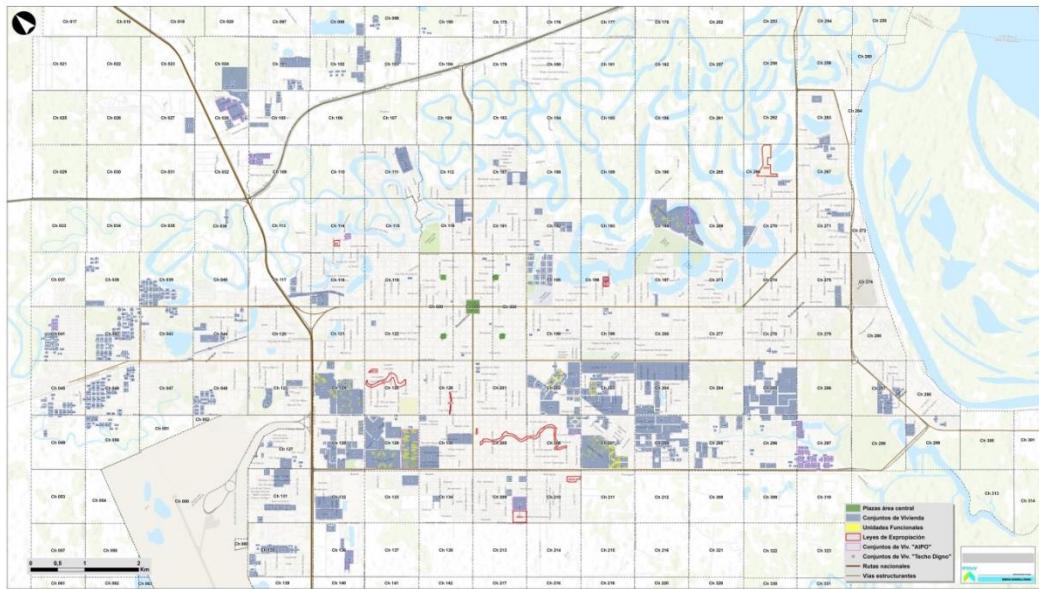


Fig. 69: Barrios de viviendas sociales ubicados en el plano del AMGR.

Fuente: IPDUV, 2018.

Como contrapartida, estas iniciativas no previeron la concreción de equipamientos (educativos, de salud, comerciales, etc.) y han sido deficitarios infraestructura básica y no siempre se ubican en terrenos del todo aptos con respecto al riesgo hídrico fluvial y pluvial.

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 figura Fig. 68 se observa la variación interanual del número de viviendas construidas.

En la Fig. 69 se señala en tono azulado los distintos conjuntos de viviendas construidos en operatorias oficiales en la ciudad de Resistencia. En la zona sur se asienta la mayoría de los complejos, principalmente construidos a fines de los 70 y principios de los 80.

### Políticas actuales: estándares mínimos de calidad

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, con los siguientes puntos sobresalientes:

- Requisitos de habitabilidad: pautas de diseño teniendo en cuenta las zonas bioclimáticas y las recomendaciones de la norma IRAM 11.603.

- Transmitancia térmica: exigencia del nivel B en lo que respecta a los valores del k de muros y techos según la norma IRAM 11.605.
- Requisitos de durabilidad: cambio de material de las (aberturas, ventanas y postigos) de chapa galvanizada, aluminio o PVC utilizando DVH si la zona bioclimática lo requiere.

Se introdujeron otros cambios y anexos explicativos y como último punto se agregó un anexo de energías renovables (exigiendo la incorporación de energía solar térmica en las viviendas).

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. La norma considera que estos atributos contribuirán 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.

### **Manual de la Vivienda Sustentable**

Actualmente existe una política tendiente a la sustentabilidad de la vivienda. Por ello se ha elaborado 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 Sostenible y el Ministerio de Energía.

El manual forma parte del proyecto GEF, financiado por el Fondo Mundial para el Ambiente – BID (AR-G1002: Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Social Argentina), cuyos objetivos principales son:

- Contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (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.

En el prólogo del manual se afirma que en “*la Argentina casi 4 millones de familias tienen problemas con su vivienda (...) La situación afecta, en total, a más de 12 millones de personas. En las últimas décadas, las políticas de vivienda de nuestro país se han enfocado, de modo casi exclusivo, a la reducción del déficit habitacional y el impulso a la actividad económica, dejando de lado aspectos muy importantes referidos al ambiente y al contexto urbano social*” (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018).

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.

Entre los aspectos más destacables es que reconoce la necesidad de contar con un equipo de diseño interdisciplinario, que incluya a ingenieros, arquitectos, asesores en arquitectura sostenible y proveedores e instaladores de los sistemas de energía y agua eficientes.

			VERDE	AMARILLO	ROJO
			✓	!	✗
3.5	CONTROLES	TÉRMICO	Control lumínico independiente en sala de estar/comedor y habitaciones	VERDE	
			Control térmico independiente en sala de estar/comedor	AMARILLO	
			Sin posibilidad de control térmico		ROJO
		LUMÍNICO	Control lumínico independiente en sala de estar/comedor y habitaciones	VERDE	
			Control térmico independiente en sala de estar/comedor	AMARILLO	
			Sin posibilidad de control térmico		ROJO
3.6	ARTEFACTOS EFICIENTES		Artefactos clase A	VERDE	
			Artefactos clase B o C	AMARILLO	
			Artefactos clase D o menor		ROJO
3.7	ENERGÍAS RENOVABLES		Cuenta con más de 1 sistema de Energía Renovable	VERDE	
			Cuenta con 1 sistema de Energía Renovable	AMARILLO	
			No cuenta con ningún sistema de Energía Renovable		ROJO
3.8	MEDICIÓN Y MONITOREO		Tiene medidor y hubo capacitación	VERDE	
			Tiene medidor sin capacitación	AMARILLO	
			Sin medidor		ROJO
RESULTADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO <sup>(*)</sup>					

(\*) VERDE: Categoría A (menos de 3 rojos y menos de 3 amarillos) / AMARILLO: Categorías B-C (si se tienen 3 o más amarillos y menos de 3 rojos) ROJO: Categorías D-E (si se tiene 3 rojos o más)

Fig. 70: Evaluación de la dimensión “energía” propuesta en el Manual de la vivienda Sustentable.  
Fuente: (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018)

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. En la Fig. 70 se observan los criterios establecidos para la evaluación de la dimensión energía en el citado manual. Las ER aparecen simplificadas a la existencia o no de las mismas.

Señala como una herramienta importante de diseño la puesta en vigor de la versión actualizada de la norma IRAM 11900 “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo” (IRAM 11900, 2017). Este documento, elaborado por los especialistas y sectores profesionales que forman parte del Subcomité de eficiencia energética en edificios, 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. La norma describe la etiqueta normalizada que brindará los resultados correspondientes.

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.

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 grados del proyecto) y la participación consultiva. Cuando el usuario no sea aún 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.

## CAPÍTULO 4

# Intervenciones fotovoltaicas en barrios



## 4. INTERVENCIONES FOTOVOLTAICAS EN BARRIOS

*“El mundo no puede evolucionar más allá de su actual situación de crisis utilizando el mismo pensamiento que creó esta situación”.*

Albert Einstein.

En los primeros dos capítulos se analizó la sustentabilidad ambiental desde las dimensiones energéticas y arquitectónicas. En el tercer capítulo se barrieron las principales condicionantes técnicas, económicas, ambientales, sociales, profesionales y culturales para la incorporación de SCR en el contexto de estudio (los barrios de vivienda de la región NEA y en especial de la ciudad de Resistencia).

En el presente capítulo se evalúa las posibilidades de implementación-apropiación de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” en barrios de viviendas a partir del relevamiento profundo del “Caso de Estudio” y la aplicación hipotética en dos “Casos de Aplicación”, un barrio construido y un prototipo considerado optimizado.

Se trata de un enfoque multidimensional de tipo sociotécnico. Como se señaló los barrios de viviendas son tipologías urbano-arquitectónicas que presenta fortalezas para la implementación de SFCR (morfología uniforme, posible economía de escala, planificación y participación profesional interdisciplinaria en su construcción, posibilidades de trabajo comunitario) y debilidades (la curva de consumo de las viviendas no coincide exactamente con la de la generación y los usuarios, en líneas generales, presentan un rol pasivo en la conformación de su hábitat dado que las operatorias han sido generalmente de tipo “llave en mano”).

El “caso de estudio” es un análisis posocupacional del único barrio de la Región NEA en el cual se implementó energía solar fotovoltaica: Barrio Concepción de la ciudad de Corrientes. Para ello se analiza el legajo técnico, se realizan entrevistas a los funcionarios que participaron de la experiencia, a los vecinos del barrio y se analizan datos de facturación, con el objeto de conocer las condicionantes reales a la que se enfrenta una innovación de esta naturaleza.

En los “casos de aplicación” se realizan dos hipotéticas instalaciones de SFCR en barrios de la ciudad de Resistencia.

El “caso de aplicación 1” es la hipotética instalación de un SFCR en un barrio construido, para validar la posibilidad de instalación en construcciones existentes dado que los barrios representan un alto volumen de la superficie urbana y esta posible implementación sería un mecanismo de valorización de la energía gris (la incorporada en materiales).

El “caso de aplicación 2” se trata de un prototipo denominado “optimizado” por el IPDUV, con el apoyo de una cátedra de la UNNE, sobre el cual se aplicaron estrategias de diseño pasivo y activo. Sobre este proyecto se realiza un análisis crítico y una propuesta de mejora en la intervención fotovoltaica.

#### 4.1. Metodología de abordaje

En el presente capítulo se analizará las posibilidades de implementación de SFCR en barrios de viviendas sociales en el contexto de la región NEA y en especial la ciudad de Resistencia. Como la hipótesis es que la aplicación nula de estos sistemas no es un problema exclusivamente técnico sino sociotécnico, la metodología de abordaje es compleja y multirreferenciada a cuestiones técnicas, económicas, históricas, sociales y culturales.

En la Tabla 19 se sintetizan los principales datos del “caso de estudio” y los “casos de aplicación”, los instrumentos metodológicos utilizados y los objetivos de cada análisis. El propósito de este estudio es identificar lineamientos o pautas para la elaboración de un “Modelo Sociotécnico Situado”, que favorezca la implementación-apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura.

	Caso de estudio	Casos de aplicación	
<b>Ubicación</b>	Corrientes	Resistencia, Chaco	
<b>Nombre</b>	Caso de estudio Barrio Concepción	Caso de aplicación 1: Barrio MUPUNNE	Caso de aplicación 2: Prototipo
<b>Año de construcción</b>	2017	1998	No construido
<b>Instrumentos Metodológicos</b>	Análisis de documentación técnica gráfica. Análisis de consumos eléctricos. Observación científica. Entrevistas a actores clave. Entrevistas a usuarios y vecinos del barrio.		
<b>Objetivo</b>	Conocer las condiciones reales de implementación de SFCR: costos, impactos en la facturación, percepción de los usuarios y de los demás vecinos del barrio.		
	Analizar la potencial incorporación de SFCR en barrios construidos y a construir, determinando la generación de energía, costos, aspectos tecnológicos y posibilidades de implementación-apropiación.		

Tabla 19: Datos generales del “Caso de Estudio” y los “Casos de Aplicación” Hipotética.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Caso de estudio

El único caso de implementación de SFCR en barrios de vivienda en la Región es la experiencia piloto realizada en el año 2017 en el barrio Concepción de la ciudad de Corrientes en la cual se instalaron dispositivos de captación de energía solar térmica y fotovoltaica en cinco (5) viviendas terminadas y habitadas.

Teniendo en cuenta la cercanía geográfica entre Corrientes y Resistencia, que ambas ciudades por su grado de interrelación conforman el Área Metropolitana Gran Corrientes – Gran Resistencia (Scornik & Petrovic, 2012), que poseen condiciones físico - ambientales,

sociales y económicas similares, se toma éste como “caso de estudio” con el objetivo de conocer las condiciones reales de implementación de SFCR en barrios de vivienda.

Se trata de una evaluación de tipo “posocupación”<sup>10</sup>, porque se realiza después de que las viviendas están construidas y habitadas, cuando la apropiación por parte de los usuarios ya se ha realizado o se está realizando y se conoce toda la información de la ejecución del proyecto, así como elementos sobre el comportamiento físico. Esta evaluación permite visualizar de qué manera el SFCR satisface las necesidades de los usuarios, desde un punto de vista funcional, perceptual, económicos, de apropiación, etc. y la respuesta que ofrece frente a las solicitudes a lo largo del tiempo y en su exposición a los agentes de degradación: atmosféricos, mecánicos, de uso.

El abordaje se realiza a través de una metodología cuali - cuantitativa. La fase cuantitativa se refiere cuestiones técnicas para lo cual se ha gestionado ante el Instituto de Vivienda de Corrientes (IN.VI.CO.) la documentación gráfica del barrio, a través de la Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes, se obtuvo el pliego licitatorio del SFCR que incluye los detalles técnicos y los consumos de la manzana intervenida, información suministrada por la Dirección de Energía de la Provincia (DPEC).

En la fase cualitativa se realizaron entrevistas a actores clave y observación participante. Al tratarse de una evaluación posocupacional ha sido factible contar con la opinión de los usuarios (se logró entrevistar a 3 de los 5 beneficiarios de SFCR). También se encuestó a vecinos del barrio (que no poseen SFCR) para indagar en su percepción de la operatoria, su interés o predisposición por contar con un sistema similar, entre otros aspectos.

Como metodología la evaluación posocupacional aporta datos para analizar lo construido y visibilizar aspectos a mejorar, trazar directrices de diseño, uso y mantenimiento en construcciones futuras. Posibilita detectar en qué momento del proceso se han cometido errores; por ejemplo, en lo que refiere al aspecto físico, pueden originarse en el proyecto, en la puesta en obra (fallas en el proceso de construcción), o en el uso y mantenimiento (Nahoum, Bozzo & Abbadie, 2018).

El Barrio Concepción de la ciudad de Corrientes, capital de la provincia homónima, se encuentra ubicado al Sur de la trama urbana, en el área de mayor expansión planificada catalizada por el “Master Plan Santa Catalina”, iniciado en 2013.

En la Fig. 71 se observa el plano de la ciudad de Corrientes. Se señala en verde la ubicación del Barrio Concepción (en el cual se llevó a cabo la intervención FV) y en amarillo el área abarcada por el Master Plan Santa Catalina. El barrio es conocido también como “Barrio Terminal” por encontrarse en las inmediaciones de la actual terminal de ómnibus.

---

<sup>10</sup> Para el análisis y evaluación de barrios de vivienda se reconocen dos metodologías o instancias: “proyecto” y “posocupación” (Nahoum, Bozzo , & Abbadie, 2018).



Fig. 71: Ubicación del B° Concepción en la ciudad de Corrientes.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora, sin escala.

#### 4.2.1. Variables de contexto

Por impulso de la Secretaría de Energía de la provincia de Corrientes se realizó esta experiencia piloto consistente en la intervención mediante energía solar (térmica y fotovoltaica) de cinco (5) de las viviendas construidas, finalizada en diciembre de 2016.

La selección de las viviendas a intervenir se fundamentó en su ubicación en relación a la exposición solar y el impacto visual en la circulación, propiciando el efecto demostrativo de la experiencia.

La Fig. 72 muestra la planimetría del Barrio Concepción y se señala en amarillo la Manzana 4, donde se ubican las viviendas en las cuales se instalaron los SFCR, frentistas de la calle Tupungato y situadas frente a la reserva municipal (Manzana 3) que es atravesada por las Avenidas Santa Catalina (de acceso al sector en donde se desarrolla el Master Plan homónimo) y Aconcagua que conecta con Av. Maipú, una vía de gran importancia en la ciudad de Corrientes.

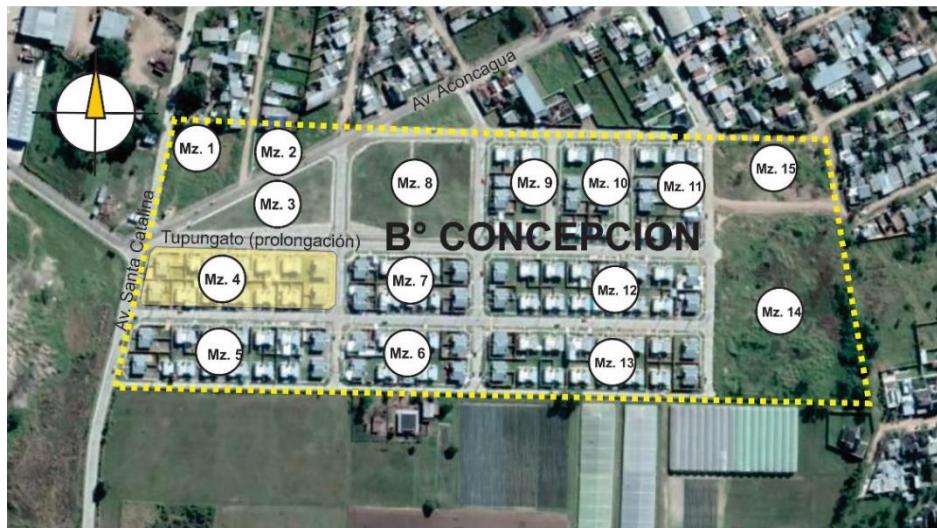


Fig. 72: Planimetría del Barrio Concepción, donde se señala la Manzana 4.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora. Sin escala.

Los organismos participantes fueron: por parte del gobierno provincial la Secretaría de Energía (principal impulsora), el INVICO y la DPEC. Por parte del sector científico tecnológico la FaCENA de la UNNE.

De acuerdo a las entrevistas realizadas si bien fueron difíciles las instancias previas preparatorias, una vez iniciadas las gestiones no hubo mayores problemas.

En la implementación el mayor inconveniente fue la cuestión técnica de los medidores instalados por la empresa DPEC que por un sistema “antifraude” que poseen, en lugar de restar la generación fotovoltaica, la sumaban al consumo, dando por resultado que los primeros períodos los vecinos con energía solar, pagaron más que los que no disponían del sistema.

En función de los reclamos de los vecinos se realizó el ajuste de los medidores y a partir de junio de 2018 los consumos de las viviendas con SFCR disminuyeron de acuerdo a lo esperado. En la Fig. 73 se señala en línea de trazo negro los consumos promedios de las viviendas que no poseen dispositivos solares y en verde el promedio de las 5 viviendas que poseen dispositivos solares.

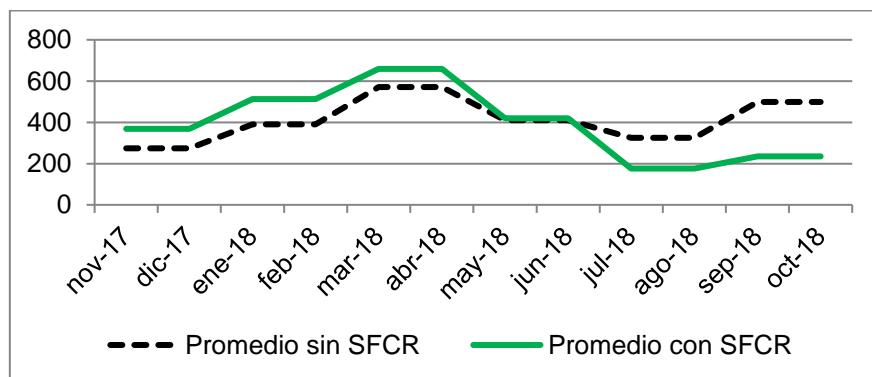


Fig. 73: Promedio de los consumos de la manzana 4 del Barrio Concepción, Corrientes.  
Fuente: Dirección de Energías Renovables de la Provincia de Corrientes y DPEC. Elaboración propia.

Casa	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	
Con SFCR	<b>01</b>	397	397	516	516	632	632	164	164	0	0	120	120
	<b>02</b>	423	423	533	533	886	886	698	698	359	359	693	693
	<b>04</b>	476	476	608	608	781	781	643	643	250	250	202	202
	<b>05</b>	374	374	575	575	646	646	426	426	224	224	112	112
	<b>11</b>	174	174	333	333	351	351	171	171	46	46	49	49
<b>Sin SFCR</b>		274	274	390	390	571	571	411	411	325	325	498	498

Tabla 20: Consumos de las viviendas con SFCR (noviembre 2017 a octubre de 2018)

Fuente: Dirección de Energías Renovables de la Provincia de Corrientes, datos otorgados por DPEC.  
Reelaboración propia.

Si se realiza un análisis pormenorizado de la evolución de los consumos de las 5 viviendas (ver Tabla 20 y Fig. 74) se observa que a partir del período junio de 2018 todos los consumos se encuentran por debajo del promedio de las viviendas sin energía solar (en línea de trazo negro) a excepción de la casa 2 (línea amarilla), en la que se realizó una ampliación que arroja sombras sobre la instalación fotovoltaica. En el extremo se observa el consumo de la casa 11 que aparentemente no tuvo problemas de lectura en ningún momento, dado que la facturación estuvo siempre por debajo del promedio de las viviendas sin energía solar.

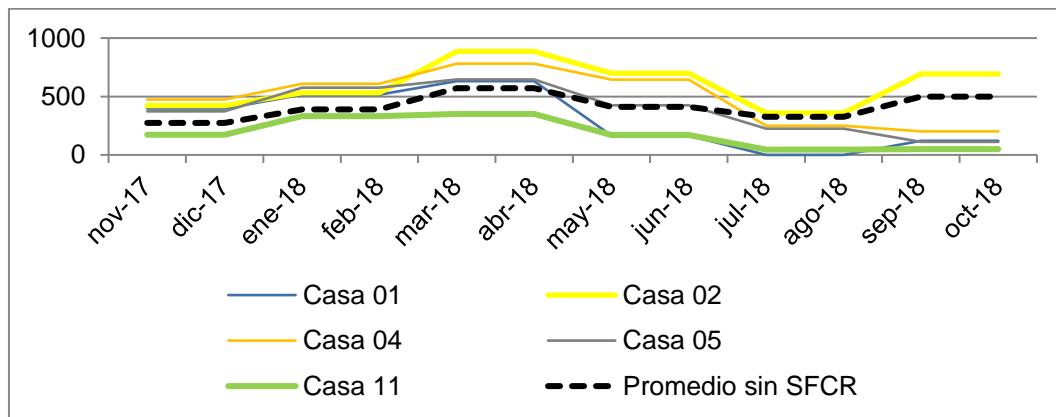


Fig. 74: Consumos de las 5 viviendas con SFCR en relación al consumo promedio del resto.  
Fuente: Dirección de Energías Renovables de la Provincia de Corrientes, datos otorgados por DPEC.  
Reelaboración propia.

El monitoreo de la experiencia es una instancia no prevista, así como tampoco mecanismos de resolución de problemas y de controversias, la designación de interlocutores, ni pautas para futuras intervenciones arquitectónicas o de forestación urbana (por solo nombrar dos posibles acciones de modificación de las condiciones de funcionamiento del SFCR).

#### 4.2.2. La vivienda

En el barrio se construyeron 200 viviendas de un prototipo universal que consta de dos dormitorios y una superficie de 60,60 m<sup>2</sup>. En la Fig. 75 se puede observar la planta del prototipo (tanto arquitectónica como de techos) y en la Fig. 76 tres vistas.

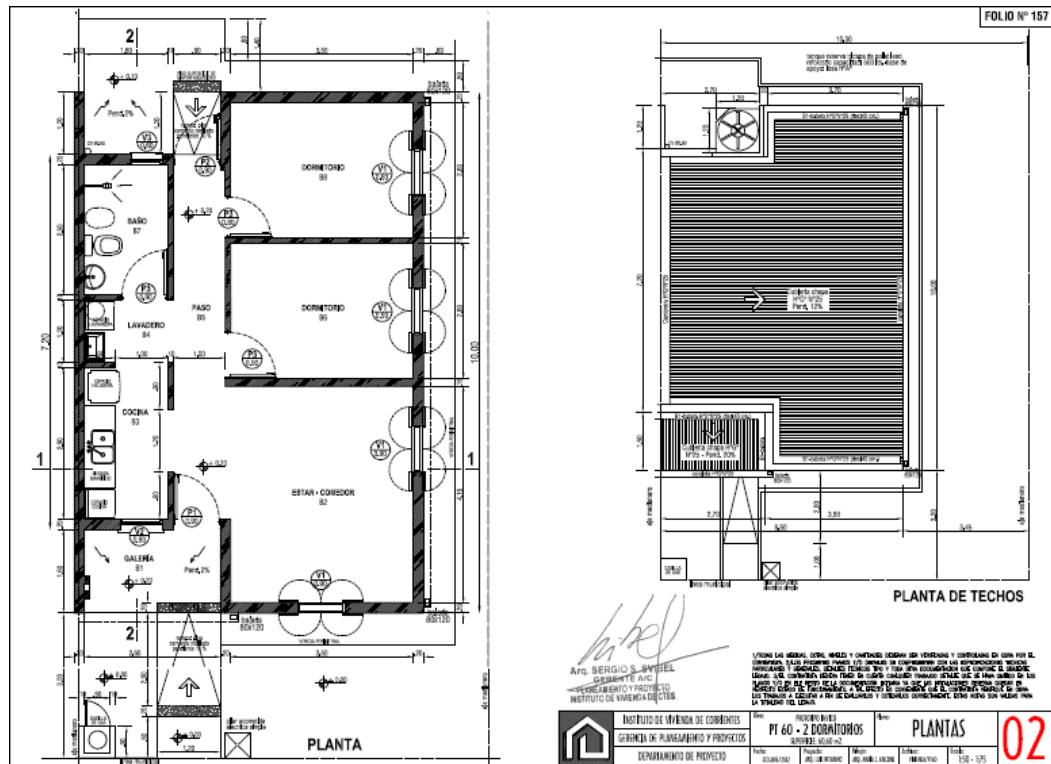


Fig. 75: Planta del Prototipo Universal, construido en el barrio Concepción.

Fuente: Instituto de Vivienda de Corrientes.

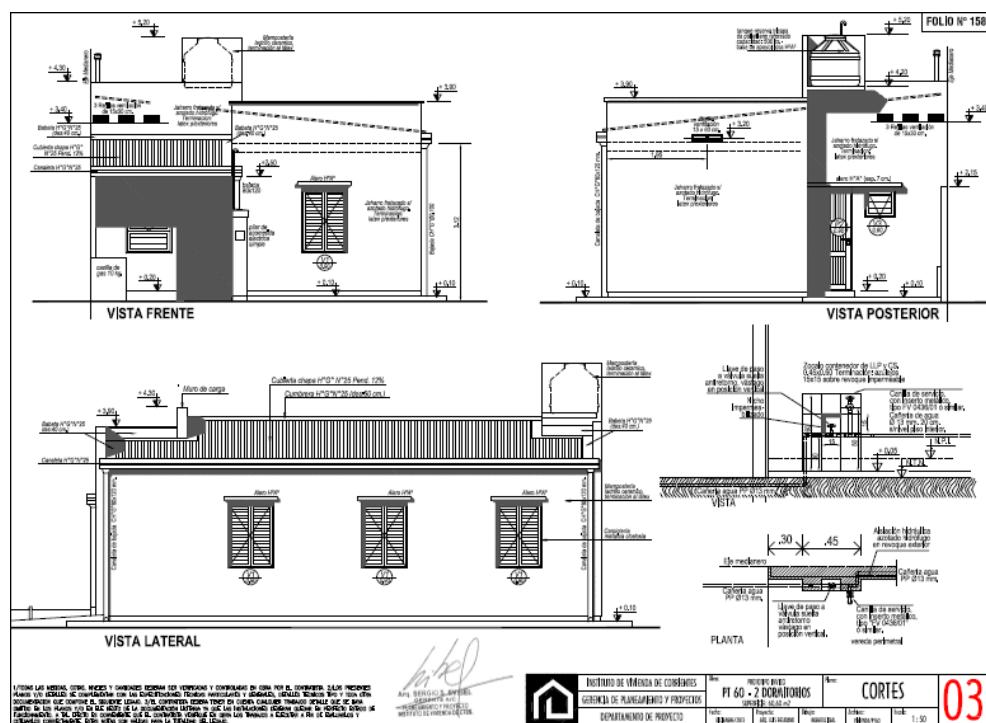


Fig. 76: Vistas del Prototipo Universal, construido en el barrio Concepción.

Fuente: Instituto de Vivienda de Corrientes.

Como puede observarse en las láminas seleccionadas como representativas del legajo de obra, se trata de un prototipo de vivienda construido mediante tecnología tradicional, con cerramientos verticales de mampostería y techos livianos inclinados de chapa galvanizada.

En la Fig. 77 se observa un detalle de la manzana 4 y se resaltan las cinco (5) viviendas en las que se instalaron los SFCR. Se distinguen dos situaciones: las viviendas en esquina (1 y 11, resaltadas en amarillo) y las ubicadas en el centro de la cuadra (2, 4 y 5, resaltadas en verde).

La diferencia radica en que en las viviendas en esquina (casa 1 y 11) el norte geográfico incide sobre la fachada lateral, mientras que en las del centro de la cuadra (casa 2, 4 y 5) tienen la fachada principal orientada al norte.

El proyecto elaborado por la Secretaría de Energía junto al Grupo de Energías Renovables (GER) de la Facultad de Agrimensura y Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional del Nordeste propone dos tipos de soluciones.



Fig. 77: Manzana 4, Barrio Concepción, donde se señalan las 5 casas con SF.  
Fuente: Google Earth, intervenido gráficamente por la autora.

En la Fig. 78 arriba a la derecha se observa la solución para las viviendas ubicadas en la mitad de la cuadra (identificadas como casas 2, 4 y 5) y abajo a la izquierda la solución para las viviendas en esquina (casas 1 y 11).

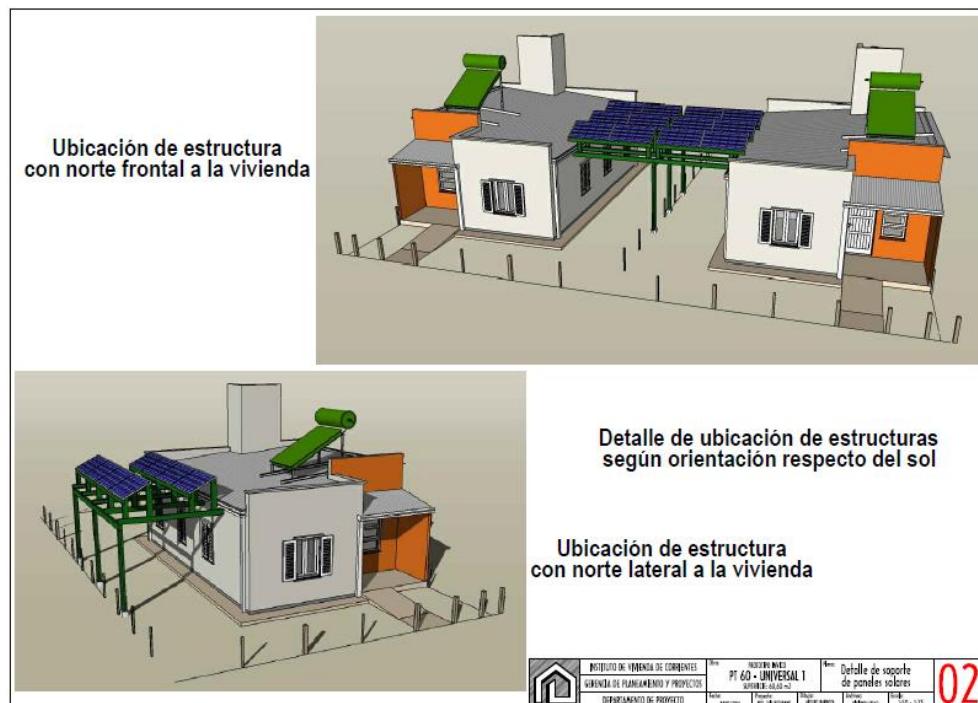


Fig. 78: Detalle de propuesta fotovoltaica de acuerdo a la posición en la manzana.  
Fuente: Pliego de Licitación de la Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.

En todos los casos se trató de intervenir en la estructura de la vivienda adosando una estructura independiente a la construcción ya existente. En las viviendas en esquina (casas 1 y 11) se realizó una especie de parasol con 8 módulos solares sobre una estructura de perfilería metálica. Como explicaron los funcionarios que participaron de la instalación se trabajó sobre las viviendas ya construidas e incluso habitadas, lo que generó ciertas dificultades.

En la Fig. 79 se puede observar la propuesta de instalación del SFCR para las viviendas en esquina (1 y 11).

La instalación construida no coincide exactamente con el proyecto, dado que en lugar de una intervención tipo “diente de sierra”, finalmente se realizó una cubierta a una sola agua. El resultado final (ver Fig. 80) da una resolución estética forzada, con una estructura de perfiles que no coincide con la superficie cubierta por los módulos fotovoltaicos. Esa incongruencia entre superficie cubierta con módulos FV y estructura soporte podría explicarse con dos hipótesis: a) la intención de alejar los módulos de la Línea Municipal, para evitar vandalismo y mantener un espacio para usar como cochera; o b) porque el número de módulos disponibles o financiados era de 8, lo que imposibilitó la distribución en 3 líneas que generaría una mejor interrelación entre estructura y sistema fotovoltaico.

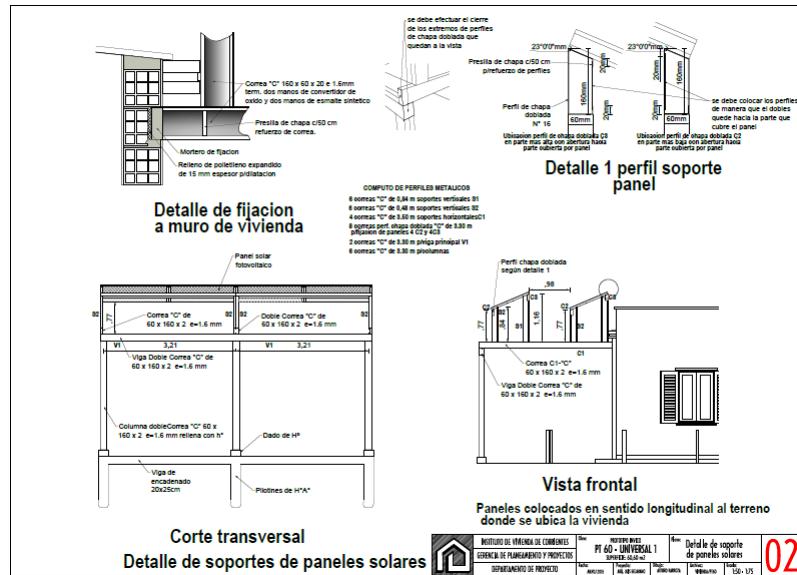


Fig. 79: Detalle técnico de la instalación propuesta del SFCR en las casas en esquina.  
Fuente: Pliego de Licitación de la Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.



Fig. 80: Fotografía de la casa 1 (a la izquierda) y la casa 11 (a la derecha).  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las viviendas ubicadas en el centro de la cuadra (casas 2, 4 y 5) la propuesta resulta más clara desde el punto de vista funcional y estético. Se trata de un espacio semicubierto que puede ser utilizado como cochera, en el lateral exento (no apareado) de la vivienda. A su vez con el objeto de no aumentar la altura de cumbre, que sería desproporcionada con el resto de la vivienda, se propuso una solución tipo "diente de sierra" (ver Fig. 81), ubicado en 4 líneas de 2 módulos.

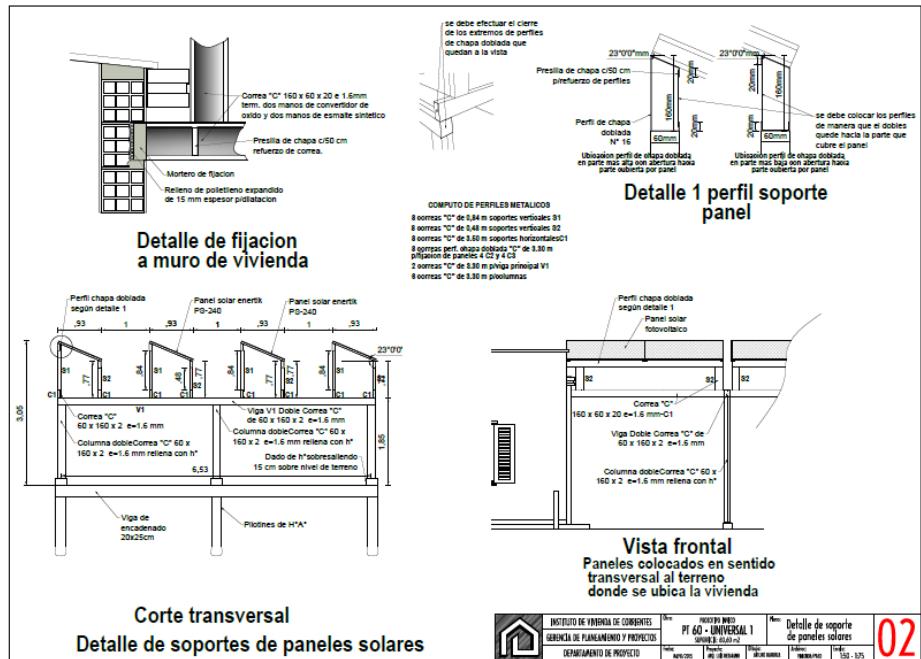


Fig. 81: Detalle técnico de la instalación propuesta del SFCR en las casas de centro de manzana.  
Fuente: Pliego de Licitación de la Secretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.

La instalación finalmente construida tampoco coincide exactamente con lo proyectado, dado que en lugar de 4 dientes se decidió hacer solo 2 de 4 módulos FV cada uno como puede observarse en la Fig. 82. Estas intervenciones son las que tuvieron el mejor resultado estético y funcional.



Fig. 82: Fotografía de la casa 5 (izquierda) y la casa 4 (derecha).  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la dimensión constructiva en ambos casos se trata de una resolución “aplicada” del sistema fotovoltaico, en una tecnología tradicional para la zona constituida por perfilería metálica.

Se propuso una instalación FV conectada a red de 2 kWp. Los insumos incorporados y detallados en el pliego licitatorio son:

- 8 Paneles Fotovoltaicos de Silicio Policristalino de 250 W
- Inversor de 3.000 W

- 2 medidores
- Elementos de protección
- Cableado e instalación
- Estructura soporte

En la figura Fig. 83 se observa las instalaciones del tablero en la vivienda y en la Fig. 84 el esquema de conexiones.



Fig. 83: Instalación de inversor y tablero de controles en las viviendas.  
Fuente: Luis Vera.

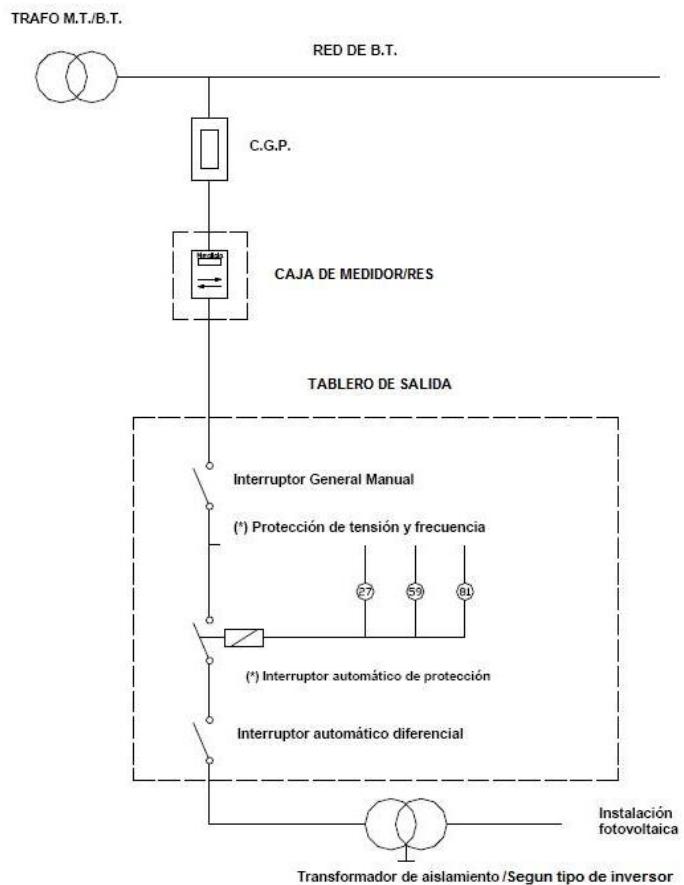


Fig. 84: Esquema de conexiones.  
Fuente: Pliego licitatorio. Secretaría de Energía de Corrientes (2018).

#### 4.2.3. El usuario

Con el objeto de conocer la percepción de los vecinos del barrio sobre la implementación de los sistemas fotovoltaicos en las viviendas se realizaron entrevistas tanto a los propietarios de las viviendas que poseen los sistemas fotovoltaicos, como a otros vecinos del barrio (que no cuentan con energía solar).

Un alto porcentaje de los vecinos con instalación solar considera a las energías renovables como favorables (entrevista 1 y 5). Pero en el caso de inconvenientes en su funcionamiento el usuario la considera mala (entrevista 2).

Un vecino considera que pudo haber incrementado su conciencia a partir de contar con SFV, pero en general manifiestan que siempre fueron moderados en su uso.

En cuanto a la capacitación recibida para el uso del sistema los vecinos respondieron que no sabían o no recordaban con precisión. Evocan una reunión realizada en el INVICO en la que se le explicó la iniciativa sin otorgarle el rango de “capacitación”.

En relación a la consulta sobre el organismo al que recurren en caso de inconvenientes, manifestaron no saber o dirigirse a DPEC. Los vecinos consideran que no se realiza un monitoreo de la experiencia.

En cuanto a la participación ha sido prácticamente nula, dado que el sistema fue sorteado con la casa y la única instancia prevista fue la posible negativa del vecino. La interacción comunitaria tampoco existe, como señala una vecina:

*“No nos ponemos de acuerdo entre los vecinos con paneles. Algunos no nos querían mostrar la boleta, no sé si es porque no pagan y tienen miedo”*  
(entrevista 2).

La interacción con la tecnología no fue sencilla. Desde su inauguración la facturación generó errores, dado que los medidores instalados por la Dirección de Energía de la Provincia (DPEC) en lugar de restar la energía generada, la contaba también para la facturación. Esto dio por resultado una lectura de consumos cercanos al doble de los demás vecinos del barrio. En el caso de la vivienda 2 el problema aún no se encuentra resuelto:

*“Pago más. Realizamos el reclamo a DPEC, presentamos la nota entre todos. Nos cambiaron el medidor por 3º vez y supuestamente nos dijeron que los meses con problema no nos iban a cobrar, pero la factura llega lo mismo y si no pagas te cortan la luz”* (entrevista 2).

La falta de interés de esta vecina se manifiesta en la decisión de ampliar su vivienda generando sombra sobre el SFCR. En la Fig. 85 a la izquierda se observa la casa 2 recién inaugurada en marzo de 2017 y a la derecha la ampliación realizada por los propietarios en septiembre de 2018.



Fig. 85: Fotografía de la Casa 2.

Fuente: Izquierda: Dr. Luis Vera. Derecha: Elaboración propia.

En la Tabla 21 se sintetizan las principales variables del análisis de las entrevistas a los vecinos con SFCR.

Entrevista	Casa	Valoración ER	Aumento conciencia	Capacitación	Organismo de enlace	Monitoreo
1	1	Excelente	Si	no	DPEC	no
2	2	Mala	siempre la tuve	no	nadie	no
3	4	No responde - Visitada en 3 ocasiones				
4	5	No responde - Casa con candado - Visitada en 3 ocasiones				
5	11	Muy Buena	siempre la tuve	no	no se	no

Tabla 21: Principales resultados de las entrevistas a los vecinos con energía solar.

Fuente: elaboración propia.

Como se señaló anteriormente, no solo se entrevistaron a los vecinos con energía solar, sino también a una muestra aleatoria de los demás vecinos del barrio. El 100% de los entrevistados saben que hay viviendas del barrio que tienen instalaciones de energía solar y desconocen si hubo problemas en su implementación, lo que demuestra nuevamente la baja interacción comunitaria. En general los vecinos manifiestan una actitud positiva hacia las energías renovables (un 80% de los entrevistados) y solo un vecino manifestó que no le gustaría que su casa tenga energía solar (entrevista 11).

El aspecto señalado de forma recurrente es la cuestión económica y en una entrevista apareció la cuestión ambiental y su efecto sobre la salud.

En la Tabla 22 se sintetizan los principales resultados de las entrevistas a los vecinos del barrio que no poseen instalación solar.

Entre vista	Valoración de las energías renovables	¿Le gustaría que su casa tenga energía solar?
6	Buena	Si
7	Que está bien, que es una ayuda para bajar la boleta.	Si
8	Sí, me gusta.	Si
9	Sirve si tiene su lado positivo y si es para beneficio de ambas partes (gobierno y vecinos)	Yo no entiendo mucho, si no es muy alto el costo, sería bueno. Capaz hay que asesorarse.
10	En esta época es lindo, tantas cosas químicas que afectan a la salud. Creo que esto es menos perjudicial.	No sé cómo se mantiene eso... si fuera entregado por el estado sí. Si tengo que pagar, no.
11	Me parece buena, pero no tengo conocimiento de los costos. No estoy al tanto.	No, no me interesa.
12	No tengo mucho conocimiento pero me gustaría probar porque me dijeron que está bueno en lo económico.	Sí, creo que es mucho menos lo que se paga, y tenemos que ahorrar.
13	Si ayuda a lo económico.	Si, por supuesto
14	Ninguna	Si
15	Siempre que sea para economizar y no cause problemas en la sociedad, sería lo ideal.	Si baja el consumo sí. Y si no trae consecuencias en los chicos, en la salud. Desconozco ese aspecto.

Tabla 22: Principales resultados de las entrevistas a los vecinos sin energía solar.

Fuente: elaboración propia.

Concretar la experiencia piloto del barrio Concepción de la ciudad de Corrientes ha sido un gran logro de gestión impulsado por la Secretaría de Energía con la Facultad de Ciencias Exactas de la UNNE (especialmente el Grupo de Energías Renovables). Resulta muy valorable por lo que significa simbólicamente para la región contar con un desarrollo de estas características a partir del cual evaluar una posible implementación masiva.

Los aspectos señalados como factibles de mejorar no pretenden ser una crítica, sino un llamado de alerta para visualizar posibles modelos superadores que capitalicen esta experiencia en un proceso de mejora continua, tendiente a una implementación – apropiación más exitosa, que aseguren su sustentabilidad.

### 4.3. Casos de aplicación

A los efectos de analizar casos de implementación hipotética de SFCR en barrios de viviendas sociales de la ciudad de Resistencia se abordan dos posibilidades de implementación de SFCR en barrios de vivienda: instalación en barrio construido existente (Caso 1, MUPUNNE) y propuesta sobre un diseño no construido (Caso 2, PROTOTIPO).

En ambos casos se proponen SFCR considerados pequeños para la Resolución 314/18 (Secretaría de Energía, 2018), se simularon a través del Programa PV\*SOL Premium 2019. Se realizaron estimaciones económicas y en el caso del barrio construido se encuestó a los vecinos para conocer su predisposición a la implementación de SFCR. Para completar las percepciones se realizaron entrevistas a referentes clave como ser funcionarios del instituto de vivienda, de la Distribuidora Eléctrica y comerciantes locales.

#### 4.3.1. Caso de aplicación 1 | 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 (20 años de antigüedad) encontrándose en las dos terceras partes de su vida útil esperada. Se trata de una operatoria oficial promovida por la Mutual del Personal de la UNNE, cuya sede se encuentra a escasa distancia.

**Proyecto:** Yamil AMUD.

**Dirección:** Zulema Lilian Navarro.

**Construcción:** JAG. Juan Alberto García Construcciones.

**Datos catastrales:** Circ. II, Sección C, Chacra 202, Manzanas 74 y 75

El barrio se encuentra ubicado en la zona sur de la ciudad, en la que se construyó el mayor número de barrios de viviendas sociales. En la Chacra 202 se encontraba el Aeroclub de la ciudad de Resistencia, por lo que cuenta con una avenida central (denominada López Piacentini) girada con respecto a la trama urbana, que corresponde a la que fuera la pista de aterrizaje.

En la Fig. 86 se observa una imagen aérea de la ciudad de Resistencia en la que se señala el barrio MUPUNNE en relación a la Chacra 202 que presenta la particularidad de tener una avenida central en rumbo pleno (norte – sur) lo que le otorga una singularidad a la cuadrícula del sector en contraposición a la ortogonalidad predominante en toda la ciudad a medio rumbo. También se observa su cercanía a las instalaciones de la Universidad Nacional del Nordeste así como al Parque del Ex Tiro Federal.



Fig. 86: Ubicación del barrio MUPUNNE en la ciudad de Resistencia.  
Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro. Sin escala.

La chacra cuenta con la infraestructura básica: provisión de agua, desagües cloacales, desagües pluviales, pavimento, energía eléctrica, alumbrado público y recolección de residuos sólidos.

En la Fig. 87 se observa el barrio MUPUNNE con su entorno inmediato caracterizado por la presencia de otros barrios de viviendas sociales, lo que le otorga una homogeneidad funcional y morfológica al sector con alturas constantes.



Fig. 87: Planimetría del B° MUPUNNE en su entorno inmediato.  
Fuente: elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro. Sin escala.

El barrio se asienta sobre un terreno de aproximadamente una hectárea, constituido por dos manzanas, la 74 y 75. Cada una de ellas tiene 42,42 m x 100 m, con una superficie total de 4.242 m<sup>2</sup> por manzana. El ancho de la calle que divide ambas manzanas es de 17,66 m, y la superficie afectada a calle pública es de 1.766 m<sup>2</sup>, siendo la superficie total del área de 10.250 m<sup>2</sup>. Cada manzana presenta un loteo distinto (ver Fig. 88): la manzana 74 tiene 36 lotes y la 75, 34 lotes. Las medidas de lotes varían entre 6 y 6,11 m de frente y entre 16,78 y 21,21 m de fondo.

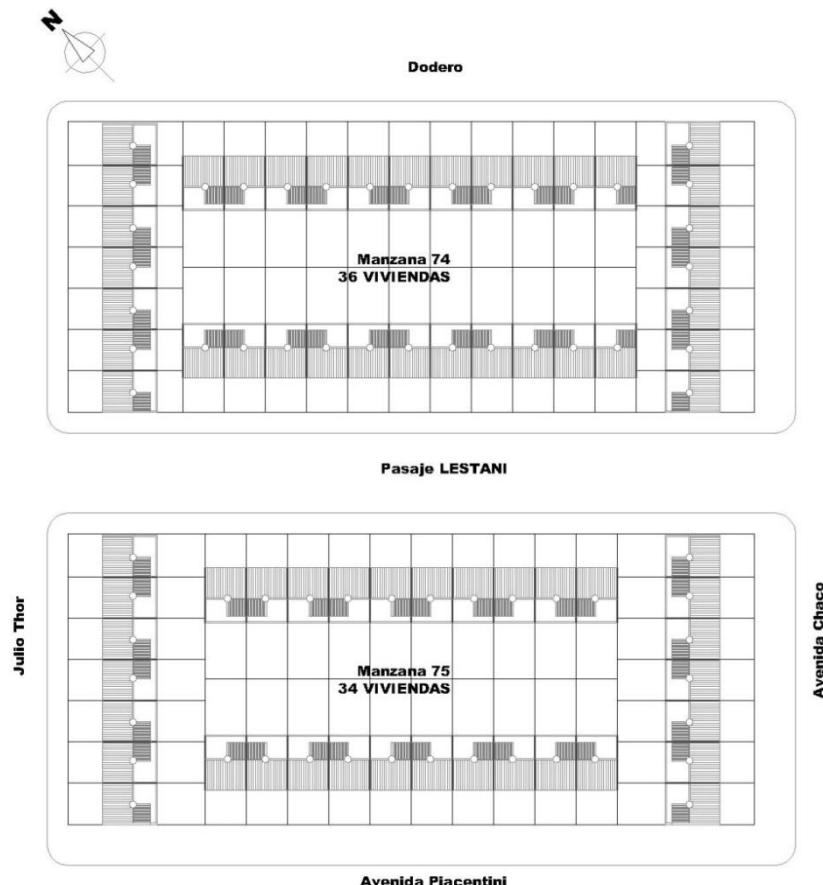


Fig. 88: Planimetría del Barrio MUPUNNE.  
Fuente: Legajo Técnico. Reelaboración propia.



Fig. 89: Fotografía del Barrio MUPUNNE en la actualidad.  
Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.1.1. La vivienda

Se trata de viviendas 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 N° 27 a dos aguas: el faldón de fachada, de mayor superficie, a 12° y el de contrafachada, de menor superficie a 20°.

En la Fig. 90 se observa las plantas y corte de la vivienda tipo del Barrio MUPUNNE.

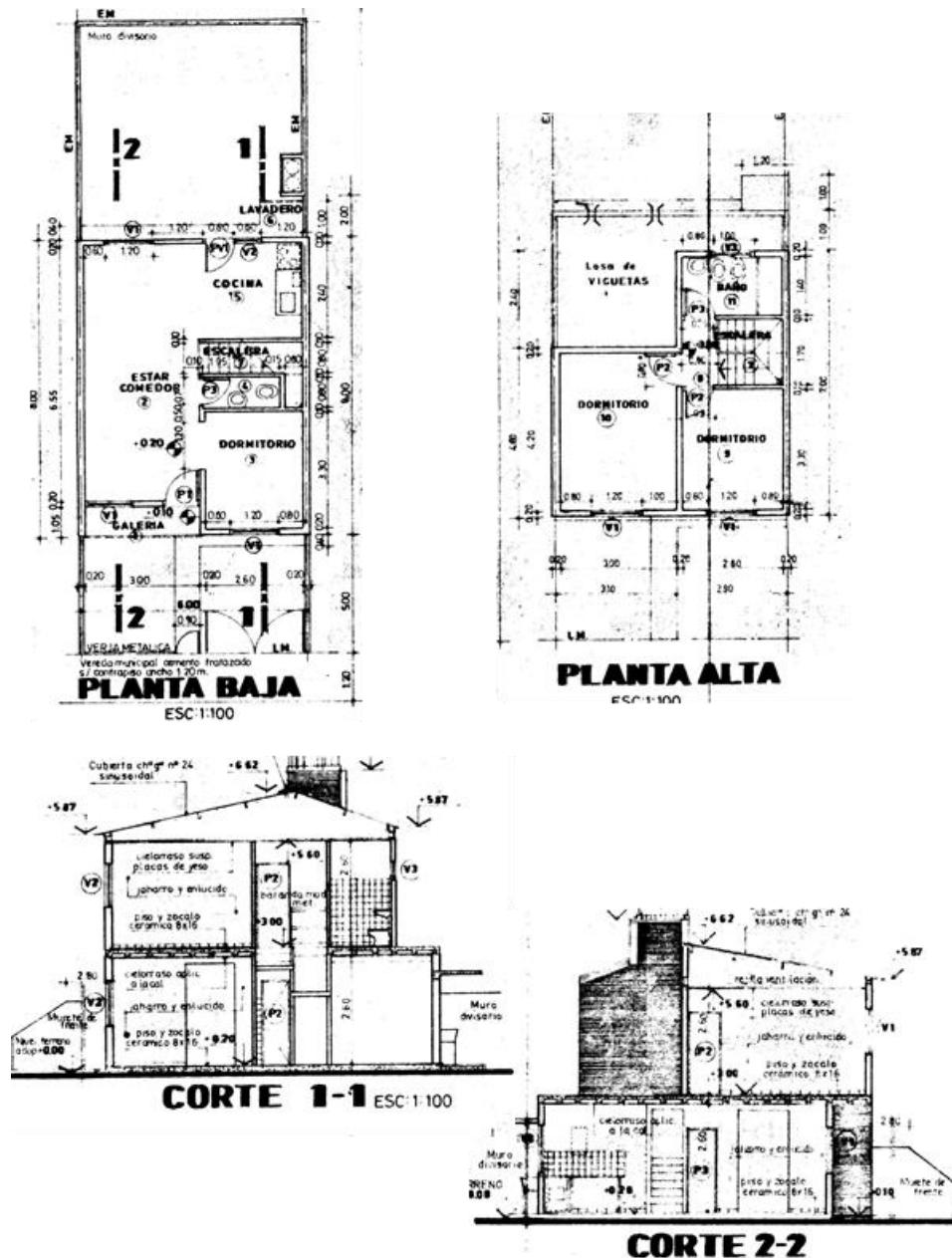


Fig. 90: Plantas y Cortes de la vivienda del barrio MUPUNNE.  
Fuente: Legajo Técnico del Barrio (1998).

La vivienda se entregó con pisos cerámicos rojos 8 x 5 cm y cielorraso aplicado a la cal en la losa de viguetas pretensadas (planta baja) y suspendido de placas de yeso con poliestireno expandido en la planta alta. Carpinterías de chapa plegada, bastidor de chapa doblada y tablero vidriado y celosías de algarrobo. Las puertas exteriores de madera a bastidor y tablero.

El prototipo se repite de forma homogénea hacia cualquier orientación, sin tener en cuenta criterios ambientales. Los muros exteriores presentan una transmitancia térmica de 2,46 W/K, que no verifica a ningún nivel de confort propuesto por normas IRAM (ni en verano ni en invierno). 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 de verano de 0.86 y de invierno de 0.92, de esta manera verifica en condiciones mínimas de confort (nivel C) en verano e invierno. 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 (K) de verano de 2 W/K y de invierno de 2,3 W/K, lo que no verifica en ninguna condición de confort para verano o invierno. 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 postigos de madera que mejora su rendimiento energético. La propuesta no evidencia criterios de diseño ambiental pasivo, por lo que genera desconfort en el usuario y un alto consumo energético.

En la Fig. 89 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 trabajar en un techo de un segundo nivel es favorable además del retroceso de la línea municipal que aleja la incidencia de las sombras de elementos y forestación urbana.

### **Consumo eléctrico**

En enero de 2003 el consumo de electricidad del barrio fue de 17.418 kWh (Pilar, 2003) lo que da un consumo promedio por vivienda de 248,83 kWh.

Hacia diciembre de 2007 y tomando una muestra de veintiuna (21) viviendas, que representa el 30% del barrio, el consumo promedio fue de 362,14 kWh (lo que representa un aumento del 46% en aproximadamente 5 años). Teniendo en cuenta el mismo número de viviendas muestreadas, hacia diciembre de 2017 el consumo había aumentado a 572,66 kWh lo que representa un incremento del 58% en diez años.

Resulta alarmante el aumento del consumo eléctrico por vivienda, tal vez explicado por modificaciones de comportamiento, acceso a crédito para la compra de equipos de aire acondicionado y un posible incremento vegetativo.

En la Tabla 23 se sintetiza el consumo promedio por vivienda del barrio MUPUNNE para diciembre de 2007 y mismo período de 2017 para una muestra de 21 viviendas que representa el 30% del barrio.

Período	kW/vivienda
Diciembre 2007	362,14
Diciembre 2017	572,66

Tabla 23: Consumo eléctrico promedio de una vivienda del Barrio MUPUNNE.  
 Fuente: Elaboración propia en base a datos de número de usuario de SECHEEP, 2018.

### ***Instalación de SFCR propuesta***

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, que otorga una versión de prueba gratuita.

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. 91 se observa en primer plano las intervenciones propuestas para la manzana 74 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 las 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 Fig. 92 se observa con mayor detalle la manzana 75 en la cual se ensaya la disposición de 8 módulos por vivienda con otros criterios de intervenciones FV. En las viviendas cuyo frente da al Noreste (calle Lestani) y al Noroeste (calle Thort) se proponen espacios semicubiertos tanto en el frente (a modo de garaje) como en el patio trasero (a modo de quincho). En las viviendas cuyo frente da al Sureste, se proponen arreglos FV en la contrafachada a modo de cubierta de una posible terraza y sobre el techo del baño. En las viviendas cuyas fachadas dan al Suroeste se proponen parasoles de salida al patio por la puerta trasera.



Fig. 91: Propuesta de intervención con SFCR del B° MUPUNNE desde el Norte, manzana 74.  
Fuente: elaboración propia en base a modelación del programa PV\*SOL premium 2019.



Fig. 92: Propuesta de intervención con SFCR del B° MUPUNNE desde el Norte, manzana 75.  
Fuente: elaboración propia en base a modelación del programa PV\*SOL premium 2019.

### Simulación 1: 1 kWp

Se realizó la incorporación hipotética en la cubierta de un arreglo de 4 módulos de silicio policristalino de 260 W (modelo existente en el mercado) sobre la hipótesis de la posibilidad de acceder a la línea del Banco Nación que financia hasta 1 kWp.

La superficie cubierta por el arreglo es de 6,7 m<sup>2</sup>. 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.

Se eligió una vivienda por frente y se dispuso el arreglo en el faldón de techo de mayor superficie que da a la fachada de la vivienda que posee un ángulo de inclinación de 11° (el ángulo óptimo es de 22° para la latitud de Resistencia). En la Fig. 93 se observa una imagen de la propuesta de incorporación de 4 módulos fotovoltaicos en cada vivienda, en las distintas

orientaciones. La ubicación relativa del arreglo en relación al espacio de techo disponible se decidió en función de la incidencia de sombras, principalmente las que arrojan los tanques de reserva.

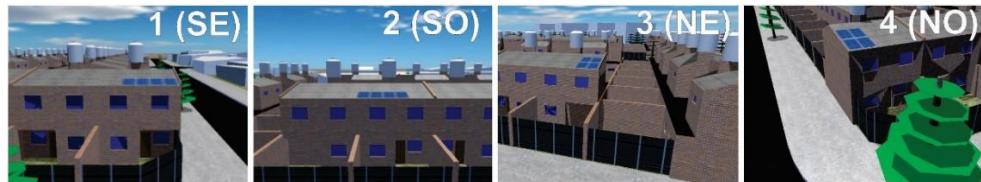


Fig. 93: Incorporación de SFCR de 1 kWp en distintas orientaciones (Barrio MUPUNNE).  
Fuente: elaboración propia en base a modelación del programa PV\*SOL premium 2019.



Fig. 94: Propuesta de optimización para viviendas en los frentes más desfavorables (1 kWp).  
Fuente: Elaboración propia en base al programa PV\*SOL Premium 2019.

En la Tabla 24 se transcriben los principales resultados para cada una de las orientaciones de una instalación pequeña, que cubre desde un 28% del consumo para la orientación más desfavorable (SE) y un 34,6% del consumo para la más favorable (NO).

Parámetros de simulación	unidades	1 (SE)	2 (SO)	3 (NE)	4 (NO)
Rendimiento anual	kWh/kWp	1.159,92	1.273,92	1.366,63	1.432,65
Coef. de rendimiento de la instalación (PR)	%	69,8	74,7	76,9	78,6
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	11,4	5,1	2,6	0,4
Energía de generador FV	kWh/año	1.206	1.325	1.421	1.490
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	kg / año	724	795	853	894
Cobertura solar/consumo	%	28,0	30,8	33,0	34,6

Tabla 24: Resultados de la simulación 1 kWp para cada orientación.  
Fuente: Elaboración propia en base al programa PV\*SOL Premium 2019.

Las orientaciones SE y SO, como se señaló en el apartado “Geometría Solar” no resultan adecuadas para la captación de energía solar. Como propuesta de optimización se simula un arreglo fotovoltaico de iguales dimensiones en la contrafachada de la vivienda, a modo de parasol desde la planta alta del volumen del sanitario.

Esta solución optimizada eleva los niveles de cobertura de la generación solar sobre el consumo de 28 a 31,2% en el caso 1 (vivienda SE) y de 30,8 a 31,3% en el caso 2 (vivienda SO). Los resultados pueden observarse en la Tabla 25. Este intento de optimización no logra una mejora contundente en el rendimiento debido a la incidencia de las sombras arrojadas por las construcciones en la contrafachada y por ende no modifica sustancialmente la cobertura de la generación de la energía solar sobre el consumo.

Parámetros de simulación	unidades	1 optimizado Contrafachada NO	2 optimizado Contrafachada NE
Rendimiento anual	kWh/kWp	1.292,02	1.298,22
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	%	71,8	76
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	11,3	7,1
Energía de generador FV	kWh/año	1.344	1.350
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	kg / año	806	810
Cobertura solar/consumo	%	31,2	31,3

Tabla 25: Resultados de la simulación 1 kWp optimizando la orientación SE y SO

Fuente: Elaboración propia en base al programa PV\*SOL Premium 2019.

Considerando un costo aproximado de éste sistema de U\$S 3.872 de los cuales U\$S 2.900 corresponde a materiales que podrían ser financiados por el crédito de Banco Nación (12 cuotas sin interés), daría un valor mensual de cuota equivalente a U\$S 241,7 dólares mensuales. Sobre esto habrá que hacer una inversión no subsidiada de casi U\$S 1.000 en instalación y materiales no financiados por el crédito.

Una instalación pequeña de estas características tiene un precio por kWp muy elevado. En cuanto a los aspectos positivos, por su pequeño tamaño es factible instalarlo en prácticamente todo tipo de vivienda, encontrando una orientación buena, libre de sombras.

### Simulación 2: 2,1 kWp

Se ensayó 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, manteniendo el mismo consumo (ver Fig. 95). En la Tabla 26 se transcriben los principales resultados que cubre aproximadamente un 58% del consumo para la orientación más desfavorable (SE) y casi un 70 % del consumo para la más favorable (NO).

Parámetros de simulación	unidades	1 (SE)	2 (SO)	3 (NE)	4 (NO)
Rendimiento anual	kWh/kWp	1.194,21	1.264,56	1.369,71	1.428,96
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	%	71,4	74,1	77,1	78,4
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	9,6	6,1	2,3	0,6
Energía de generador FV (Red CA)	kWh/año	2.484	2.630	2.849	2.972
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	kg / año	1.490	1.578	1.709	1.783
Cobertura solar/consumo	%	57,7	61,1	66,1	69,0

Tabla 26: Resultados de la simulación de un arreglo de 2,1 kWp para cada orientación

Fuente: Elaboración propia en base al programa PV\*SOL Premium 2019.



Fig. 95: Incorporación de SFCR de 2,1 kWp en distintas orientaciones (Barrio MUPUNNE).

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

El costo aproximado de una instalación de este tipo ronda los U\$S 5.160 lo que resulta realmente oneroso para el segmento social que habita estos barrios. Dependiendo del sistema de facturación adoptado, esta inversión podría amortizarse en un tiempo prudente o no ser rentable para el usuario en caso de optarse por un modelo de financiación propia.

Por ello se considera que, solamente aumentando los límites de crédito a equipos de más potencia, ampliando el crédito también a la instalación de los equipos, aumentando el plazo de financiación al menos a 24 meses y/o proponiendo una tarifa Premium no existe viabilidad económica actual de implementación de esta tecnología.

#### 4.3.1.2. El usuario

Para conocer la percepción sobre la temática de los vecinos del barrio se realizó una encuesta mediante un formulario de Google, con preguntas estructuradas y con un espacio para sugerencias y comentarios al final de la encuesta..

Para la selección de los encuestados se aplica la metodología de la “bola de nieve”, en la que se contacta algunos vecinos, siendo estos difusores de la encuesta y quienes reenviaron a otros vecinos. Es 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 15 usuarios 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.

El promedio de ocupación de las viviendas es de 3,5 habitantes y declararon consumir entre \$ 1.000 y \$ 3.600 de electricidad, siendo el valor promedio de \$ 2.600.

En cuanto a 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”, como puede observarse en la Fig. 96.

Consultados sobre los aspectos negativos del servicio que presta la empresa SECHEEP, y con la posibilidad de elegir más de una opción, un 53,3% considera que “la facturación es confusa. No se entiende de donde surgen los valores”, un 40% señala “los cortes de luz”, “la fluctuación de tensión” y “es muy cara la factura”. Un encuestado, sin que esté previsto como opción señaló “incluye impuestos desconocidos para mí” y un encuestado respondió “no relevante”. Ver Fig. 97.

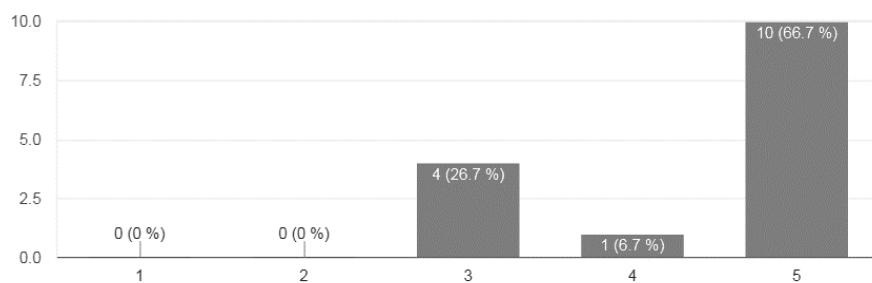


Fig. 96: Valoración de la conducta de consumo eléctrico de los usuarios.  
Fuente: elaboración propia.

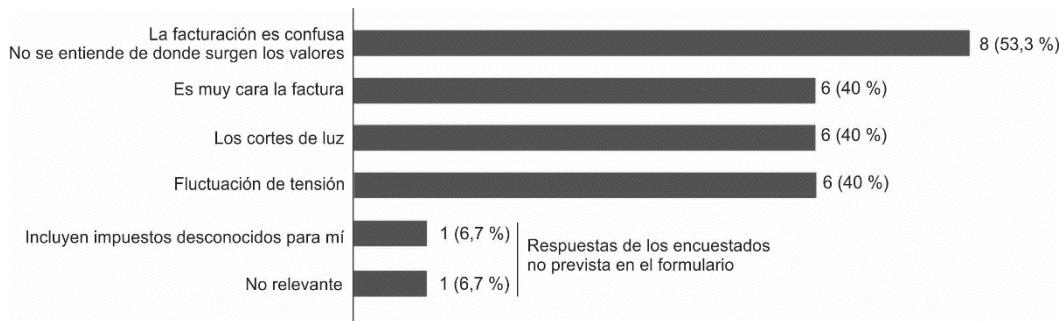


Fig. 97: Aspectos considerados negativos del servicio de SECHEEP por parte de los encuestados.  
Fuente: elaboración propia.

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

Ante la pregunta “¿Qué opinión le merecen las energías renovables?” debiendo optar en una escala numérica entre 1 (nada favorables) y 5 (muy favorables), el 86,7% la consideró muy favorables y se registró una respuesta media y otra en nada favorable. Ver Fig. 98.

En relación a la consulta “qué le parece 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 costo 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 inician respuestas no previstas entre las opciones con una respuesta cada una “no existen equipos y aparatoología adaptada en el barrio”, “no conozco los costos de instalación” y “falta de capacitación”. Ver Fig. 99.

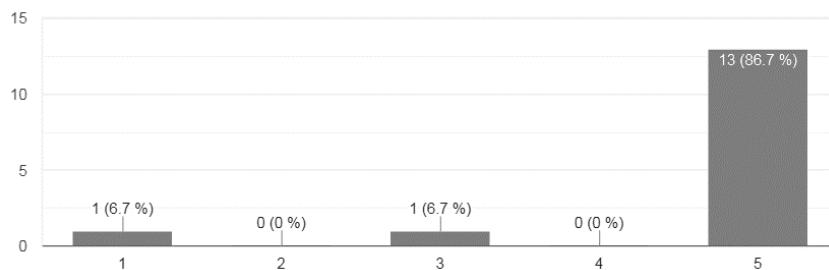


Fig. 98: Opinión sobre las energías renovables de los encuestados del Barrio MUPUNNE.  
Fuente: elaboración propia.

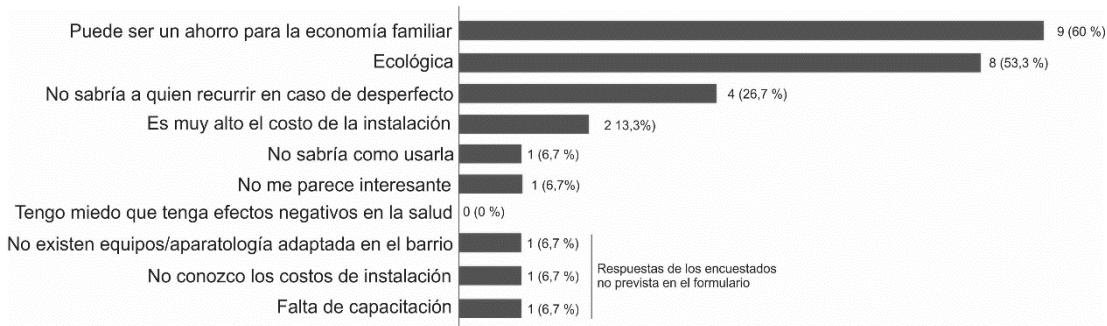


Fig. 99: Consideración sobre la energía solar, usuarios Barrio MUPUNNE.  
Fuente: elaboración propia.

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 (Fig. 91) 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” (respuesta no prevista en el formulario). Ver Fig. 100.

Ante la consulta “¿Qué opciones le parece más acertada para la instalación?” y con la posibilidad de optar por más de un alternativa, las opciones 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 “llave en mano” es decir que el gobierno entregue e instale 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. Ver Fig. 101.

Ante la pregunta “¿Qué cosas le parecen importantes para poder 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. Ver Fig. 102.

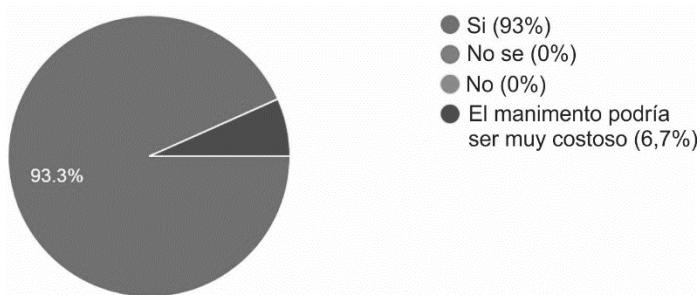


Fig. 100: Respuestas a la consulta “Le gustaría que su vivienda tenga paneles solares”.  
Fuente: elaboración propia.

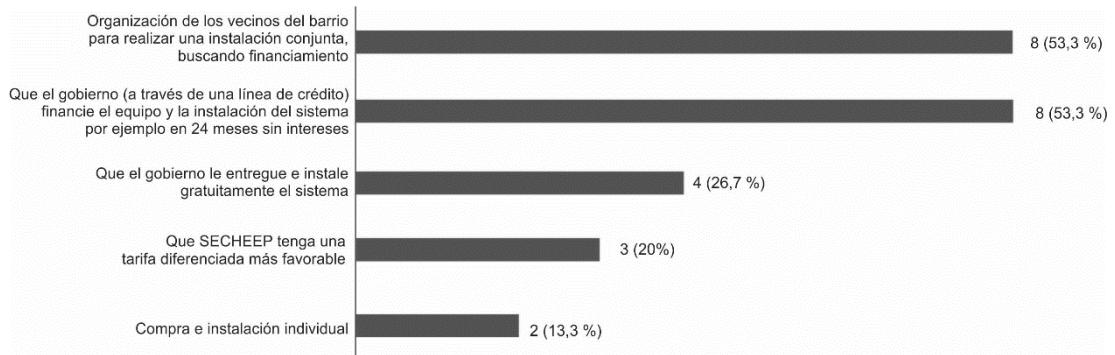


Fig. 101: Respuestas a la metodología de implementación considerada más adecuada.

Fuente: elaboración propia.

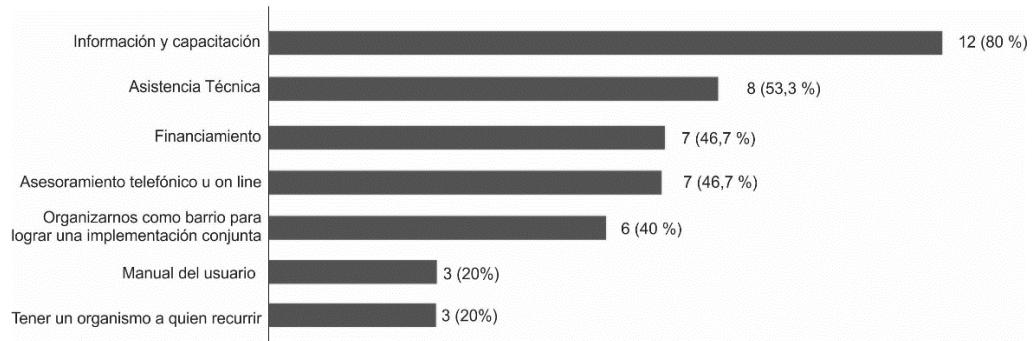


Fig. 102: Respuesta aspectos importantes para implementar SFCR.

Fuente: elaboración propia.

Ante la pregunta “¿Cómo es la relación entre los vecinos del barrio?” el 66,7% consideró “nos llevamos bien, pero no estamos organizados”, mientras que un 26,7% respondió “tenemos una comisión vecinal y participamos activamente”. Un encuestado agregó una opción no prevista “la relación con algunos es excelente y con otros es mala, no conozco a todos”. Ver Fig. 103.

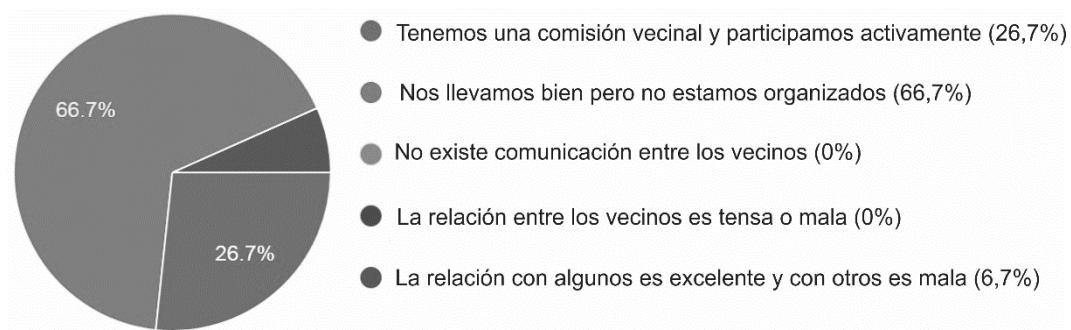


Fig. 103: Relación entre los vecinos del barrio MUPUNNE.

Fuente: elaboración propia.

Cinco (5) encuestados ocuparon el espacio de comentarios y sugerencias, que se transcribe textualmente a continuación:

*Es muy buena la posibilidad de contar con una fuente alternativa de provisión de energía eléctrica y propender al uso de una energía renovable, que beneficia con un impacto positivo al medio ambiente* (vecino Mz 74 Pc 15).

*¡¿Mi comentario sería la accesibilidad, que es lo que hasta ahora no nos permite implementarlo?!* (vecino Mz 74 Pc 29).

*Es muy interesante... pero los costos para la instalación, poner en funcionamiento, mantenimiento de la obra, se hace caro y sin personas capacitadas se hace más difícil* (vecino Mz 74, Pc 2).

*Sería bueno dar charlas en los barrios para concientizar sobre el tema* (vecino Mz 74, Pc 21).

*Esta buena la idea* (vecino Av Chaco 1246).

*Buena iniciativa. ¡Suerte!!!* (vecino Mz 74, Pc 4).

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.

#### 4.3.2. Caso de aplicación 2 | Prototipo Optimizado

El Instituto de Desarrollo Urbano y Vivienda de la provincia del Chaco está estudiando un “Prototipo de vivienda social eficiente” desarrollado en el año 2017 por la Gerencia de Proyectos y Programación con la colaboración de la asignatura Energías Renovables en la Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste.

Para ello realizaron la optimización del Prototipo denominado TD14/U2D-E/L10 (Techo digno 2014, 2 dormitorios, Lote de 10 metros de ancho) de 55 m<sup>2</sup>, que no tiene definida una ubicación específica, ya que se lo usa en forma indiferente en zonas urbanas y suburbanas de la provincia, generando barrios donde las viviendas quedan orientadas según la disposición de cada lote.

En la Fig. 104 se observa la planta de la vivienda donde se señala los mecanismos de optimización propuesta por el IPDUV y la FAU – UNNE, sobre tres estrategias de optimización:

- 1- Arquitectura bioclimática - diseño pasivo.
- 2- Calentamiento de agua por medio de colector solar.
- 3- Generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

Los puntos 1 y 2 no serán analizados, dado que no resulta el foco del presente trabajo. En cuanto a la generación de energía solar fotovoltaica (punto 3) se propone la incorporación de 12 paneles de 300 W de silicio monocristalino.

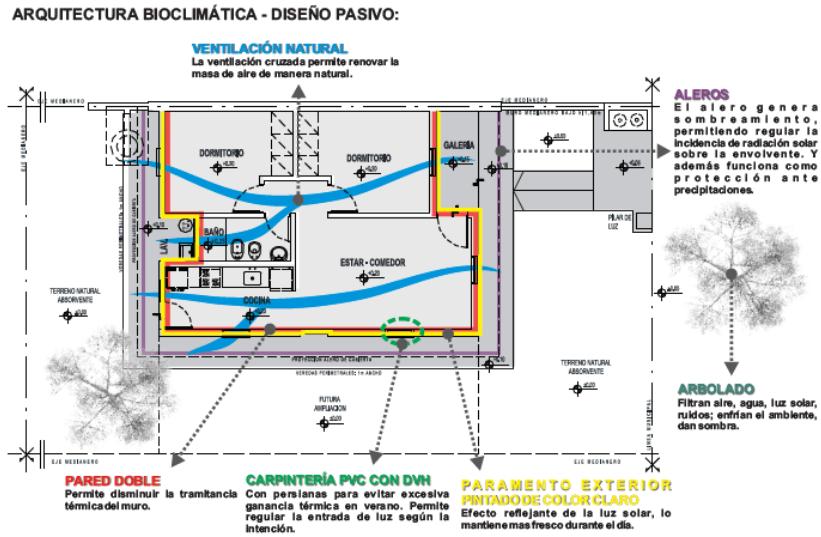


Fig. 104: Planta del Prototipo de vivienda optimizada.

Fuente: propuesta por el IPDUV y la FAU UNNE IPDUV (2018).

La Fig. 105 muestra una imagen panorámica de la propuesta donde se observa:



Fig. 105: Imagen del Prototipo de vivienda optimizada propuesta  
Fuente: propuesta por el IPDUV y la FAU UNNE IPDUV (2018).

- Los módulos fotovoltaicos se disponen hacia cualquier orientación sin tener en cuenta los principios de la geometría solar.
- Los colectores solares térmicos se encuentran ubicados hacia cualquier orientación (incluso en forma incongruente con los módulos fotovoltaicos de la misma vivienda).
- La torre en la cual se ubica el tanque de reserva y el colector solar arroja sombras sobre los módulos fotovoltaicos.
- Se propone la incorporación de especies arbóreas de gran porte que producen sombras perjudiciales, por lo que no son adecuadas para un proyecto que intervención fotovoltaica.

En función de estas observaciones y sin desarrollar la propuesta bioclimática (punto 1) ni la solar térmica (punto 2) dado que no son temas abordados de forma específica en el presente

trabajo, se realiza una adecuación de la propuesta a los criterios que permitirían la optimización del SFCR.

Se diagrama una manzana típica de barrio en un contexto inmediato de viviendas bajas, en una orientación a medio rumbo ( $45^\circ$  del Norte geográfico, característico de la ciudad de Resistencia). Se proponen especies arbóreas de tercera magnitud en la vereda (alejada de la instalación fotovoltaica) y un arreglo fotovoltaico de similares características al prototipo en estudio por el IPDUV con 12 módulos pero de silicio policristalino de 260W, lo que da una potencia total de 3,12 kWp<sup>11</sup>, con una superficie de intervención de 20,1 m<sup>2</sup>. Se mantiene el mismo consumo que en el Caso de aplicación 1 (4.308 kWh/año).

En la Fig. 106 se observa a la izquierda una vista panorámica de la propuesta en la que los arreglos fotovoltaicos se orientan únicamente al NO y NE, orientaciones más favorables para las condiciones de Resistencia, con una cubierta de  $20^\circ$  de inclinación del frente y contrafrente según corresponda.



Fig. 106: Propuesta de mejoramiento de barrio de prototipo IPDUV.

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

Para la ubicación de los arreglos fotovoltaicos en cada cubierta se realizó un análisis de sombra que resulta factible a través del software PV\*SOL Premium 2019. En la Fig. 107 se observa a la izquierda una propuesta con menor rendimiento por sombra y a la derecha la opción elegida que posee una menor incidencia por oscurecimiento del panel.

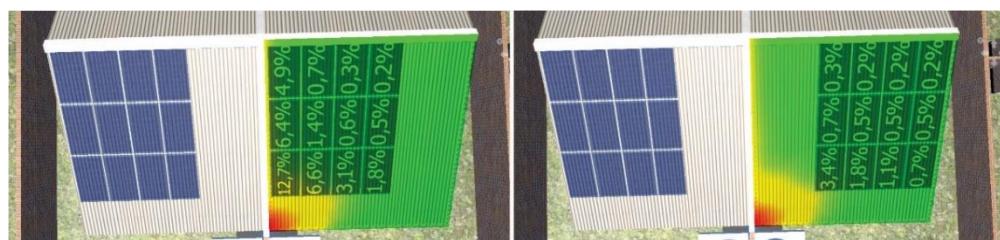


Fig. 107: Análisis de sombra para decidir ubicación del arreglo fotovoltaico.

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

El resultado de la modelación para este arreglo fotovoltaico arroja una vivienda de consumo nulo es decir que puede ser considerado edificio de energía cero (EEC), que en caso de aplicar además el sistema solar térmico y las medidas pasivas de ahorro de energía, daría por resultado una vivienda de tipo *PlusEnergy* (que genera más energía que la que consume). En la Tabla 27 se muestran los resultados de la simulación que en el caso de la vivienda 1

<sup>11</sup> La disminución de la potencia tiene por objetivo que la instalación se encuentre dentro del rango de los Generadores Pequeños (hasta 3kW) de la Resolución 314/18 SE.

(NE) permite una cobertura del 99,5% del consumo con energía fotovoltaica y en el caso de la vivienda 2 (NO) da un 104,6% de cobertura.

Parámetros de simulación	unidades	1 (NE)	2 (NO)
Rendimiento anual espec.	kWh/kWp	1.379,04	1.450,45
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	%	77,9	79
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	2,6	1,3
Energía de generador FV (Red CA)	kWh/año	4.303	4.525
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	kg / año	2.582	2.715
Cobertura solar/consumo	%	99,5	104,6

Tabla 27: Resultados de la simulación de un arreglo de 3,12 kWp para cada orientación.  
Fuente: Elaboración propia en base al programa PV\*SOL Premium 2019.

Un barrio de 80 viviendas del prototipo base (es decir el prototipo TD14/U2D-E/L10 sin las mejoras de optimización ambiental) fue licitado en junio de 2015 con un presupuesto oficial de \$30.784.160,05 que en relación a cada vivienda y de acuerdo a la cotización del dólar de ese momento representaba aproximadamente U\$S 40.000.

El costo del SFCR de 3,12 kWp es de U\$S 6.500 por vivienda (valores del mercado privado que es más bajo que el de las licitaciones públicas).

Resulta poco probable que este costo sea afrontado por el gobierno, frente a la situación económica crítica y de emergencia que enfrenta y menos aún por los propietarios. Para poder implementarse sería una línea de crédito u operatorias específicas o mecanismos de financiación mixto, público-privado para estimular el mercado.

La opción de incorporar el arreglo fotovoltaico sobre la cubierta no es la única factible. También es posible generar un espacio semicubierto a modo de garaje en el lateral lo cual tiene aspectos positivos en lo funcional y bioclimático, dado que los espacios sombreados y ventilados son recomendables para la Zona Bioclimática Ib (IRAM 11603, 2011).

La carencia de espacios semicubiertos en general es resuelta por el propietario a través de ampliaciones. En la Fig. 108 se observan distintos tipos de intervenciones de los usuarios para generar espacios semicubiertos, con el fin de proteger objetos, animales domésticos y vehículos, pero también para generar áreas sombreadas con buena ventilación natural con fundamentos climáticos y culturales.



Fig. 108: Alternativas cobertura de espacios semicubiertos en barrios similares.  
Fuente: elaboración propia.

En la Fig. 109 se observa con mayor detalle a la izquierda el lateral de una vivienda de similares características al “Caso de aplicación 2” en la cual se improvisó una cobertura textil efímera y a la derecha una vivienda en la que el propietario construyó como ampliación un garaje semicubierto continuando la tecnología del resto de la construcción.



Fig. 109: Ampliación típica de las viviendas de barrio de similares características al prototipo.  
Fuente: elaboración propia.

Esta opción significa un aumento de la superficie y con adecuado diseño bioclimático, un mecanismo de regulación de la radiación solar excesiva. En la Fig. 110 se muestra una imagen vivencial del barrio Prototipo (“Caso de Aplicación 2”). A la izquierda de la imagen se propone la intervención de una vivienda a través de un espacio semicubierto a modo de garaje y a la derecha la colocación del arreglo fotovoltaico sobre la cubierta.



Fig. 110: Imagen vivencial de posibles instalaciones en el “Caso de Aplicación 2”.  
Fuente: elaboración propia. Colaborador: Fernando Alberto.

En caso de optarse por un espacio semicubierto uno de los principales beneficios técnicos es la ventilación de la cara posterior del módulo fotovoltaico, así como la facilidad de inspección y mantenimiento. Desde un punto de vista negativo, existirá un aumento de los costos iniciales en relación a la opción sobre la cubierta existente.

Se debe tener en cuenta que se trata de una mayor superficie, que debe incluirse en el legajo técnico en caso de un proyecto o realizar la presentación correspondiente si se trata de una ampliación (lo cual en la práctica no resulta habitual).

## CAPÍTULO 5

# El aporte sociotécnico



## 5. EL APORTE SOCIOCÉNICO

*"Hay que reconocer que los objetos productos de la técnica no son neutros, porque crean un entramado que termina condicionando los estilos de vida y orientan las posibilidades sociales en la línea de intereses de determinados grupos de poder".*

Francisco, Laudato Si'.

En el capítulo 1 y 2 se analizó los sistemas fotovoltaicos como una gran esperanza mundial para el desarrollo sostenible y con un vínculo directo con el quehacer arquitectónico. En el capítulo 3 se analizaron las principales condicionantes técnicas, económicas, ambientales, urbanas, sociales, profesionales y culturales para la implementación-apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura en barrios de vivienda en la región NEA y en especial en la ciudad de Resistencia, Chaco.

En el capítulo 4 se estudiaron las posibilidades de incorporación de SFCR en barrios de viviendas sociales desde un enfoque integral. En el análisis se tuvieron en cuenta un “caso de estudio” y dos “casos de aplicación” de carácter hipotético. En el contexto regional y local existen serias dificultades para la implementación de los SFCR, entre las que puede citarse un bajo conocimiento de los usuarios, un bajo nivel de formación de los profesionales, inexistencia de mano de obra, un mercado fotovoltaico muy débil, alto costo inicial, falta de políticas claras en cuestiones normativas.

En el presente capítulo a través del enfoque sociotécnico se intenta arrojar luz sobre todas estas dificultades identificadas. Para ello se realiza un recorrido por diversos enfoques teóricos relacionados, interpelando a la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” en un proceso de complejización creciente que parte de la visión exclusivamente técnica, a la de la innovación, los aportes teóricos provenientes de la filosofía humanista de la tecnología y el enfoque sociotécnico.

La metodología en este caso es de carácter descriptivo, con fuerte apoyatura en el marco teórico, examinando los resultados de las indagaciones realizadas en los capítulos precedentes a la luz del enfoque sociotécnico.

El objetivo es proponer un “Modelo Sociotécnico Situado” que favorezca la implementación – apropiación de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”, a partir de la descripción de los actantes y la explicitación de sus interrelaciones y controversias, como herramienta prospectiva sobre la hipótesis de un escenario futuro favorable.

Este Modelo Sociotécnico es Situado, pero a la vez pretende ser una herramienta de análisis y gestión que favorezcan las posibilidades de implementación – apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura para el caso de los barrios de vivienda en el contexto de estudio o cualquier programa arquitectónico en el país o regiones de similares características, realizando los ajustes necesarios, en un camino hacia la universalidad de los postulados.

En este capítulo se sintetiza el propósito de este trabajo que es superar la visión estrictamente técnica de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura a partir de un enfoque sociotécnico.

## 5.1. Las intervenciones fotovoltaicas como innovación

De acuerdo a Sábato la “innovación” es la incorporación del conocimiento ya sea propio o ajeno, con el objeto de generar un proceso productivo. Es un concepto distinto al de investigación: el conocimiento transferido puede ser el resultado de la investigación, pero puede resultar también de una observación fortuita, un descubrimiento inesperado, una intuición a–científica, una conexión aleatoria de hechos dispersos (Sábato & Botana, 1975).

La innovación tecnológica está condicionada por agencias. En la dinámica sociotécnica la tecnología no “evoluciona” de manera “autónoma”, sino que está orientada en algún sentido (Thomas, Becerra & Davyt, 2013).

Mientras que en la investigación existen metodologías consagradas para el éxito o al menos la validez, en el proceso de innovación intervienen un sinfín de factores inciertos por la combinación de elementos de naturaleza tan dispar como la estructura económico financiera de la sociedad y de las empresas, la movilidad social, la tradición, las características de los grupos dirigentes, el sistema de valores de la sociedad, las necesidades concretas en una situación particular o los mecanismos de comercialización (Sábato & Botana, 1975).

Las fuentes impulsoras de la innovación son las necesidades del mercado, la sustitución de importaciones, la escasez de materias primas, la mayor o menor disponibilidad de mano de obra calificada. En el caso de los SFCR el mayor impulso para su implementación es la preocupación ambiental sobre los efectos nocivos de las energías de origen fósil y los riesgos de la nuclear, con el propósito de diversificar la matriz energética.

Los obstáculos más importantes para la innovación son de carácter socio–cultural (predominio de actitudes rutinarias, falta de agresividad empresarial), económico (existencia de mercados monopolizados o altamente protegidos, de rígidos mecanismos de comercialización, de estructuras artificiales de precios y de costos); financiero (escasez de capitales y la falta de optimización de los recursos existentes); político (referido entre otros factores al régimen impositivo, la legislación sobre patentes, las leyes de trabajo, las leyes de fomento industrial) y científico (relacionado básicamente con una infraestructura científico–tecnológica débil o inexistente). Superar estos obstáculos constituye una tarea vasta y compleja con riesgos y conflictos muchas veces imprevisibles y que trasciende el desarrollo de la investigación científico–tecnológica (Sábato & Botana, 1975).

Todos estos factores adversos u obstáculos se evidencian, en mayor o menor medida, en los SFCR como caso de innovación.

Estas reflexiones realizadas por los autores hacen ya más de cuatro décadas, siguen vigentes en el contexto de la Argentina, que no logró el despegue de la innovación. En la Fig. 111 los autores retoman la idea de Schumpeter de los tres vértices que condicionan la innovación.

El vértice gobierno comprende el conjunto de roles institucionales que tienen como objetivo formular políticas y movilizar recursos de y hacia los vértices de la estructura productiva y de la infraestructura científico–tecnológica a través de los procesos legislativos y administrativos (Sábato & Botana, 1975).

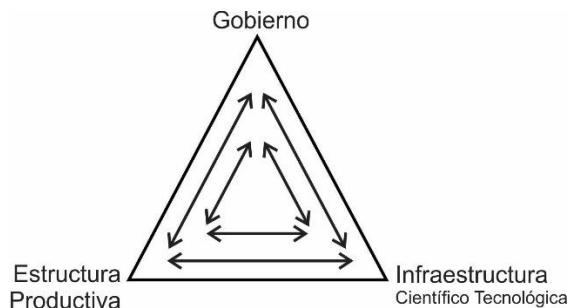


Fig. 111: Triángulo de Sábato, basado en Schumpeter, 1963.  
Fuente: (Sábato & Botana, 1975)

El vértice infraestructura científico-tecnológica incluye la formación de grado y posgrado, los laboratorios, institutos, centros de investigación, los mecanismos de control, planificación y coordinación, así como las normativas, incentivos que lo regulan y el financiamiento (Sábato & Botana, 1975).

La estructura productiva es el conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda la sociedad (Sábato & Botana, 1975).

Además de las inter-relaciones (aquellas que se producen entre vértices), también se existen intra-relaciones (aquellas que se producen dentro de cada vértice) y las extras-relaciones (que se producen con el contexto externo) (Sábato & Botana, 1975).

Dentro de la concepción constructivista las tecnologías no son universales (su funcionamiento/no-funcionamiento está localmente situado), ni neutrales (hay tecnologías que posibilitan ciertas prácticas e inhiben otras), ni evolutivas (no necesariamente un artefacto “más moderno” se inscribe en dinámicas de adecuación sociotécnicas “mejores” que su antecesor); los actores forman parte de eso que se denomina comúnmente como “la evolución de las tecnologías”. Los actores, en forma voluntaria o involuntaria, eligen cuáles tecnologías usar y cuáles no (Thomas, Becerra & Davyt, 2013).

En el presente trabajo se retoma esta estructura clásica, reconocida y validada de la innovación, a partir de la cual se construye una complejidad creciente para diagramar el entramado de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como “caso” de innovación sociotécnico.

Lograr que la envolvente arquitectónica genere energía representa un cambio de paradigma, es decir una “innovación”, al menos para el contexto de análisis, porque como se vio en el apartado 2.4 (Casos) en el mundo ya existe una trayectoria consolidada en la incorporación de mecanismos de captación y generación de energía solar en los edificios, aun en condiciones climáticas mucho menos favorables.

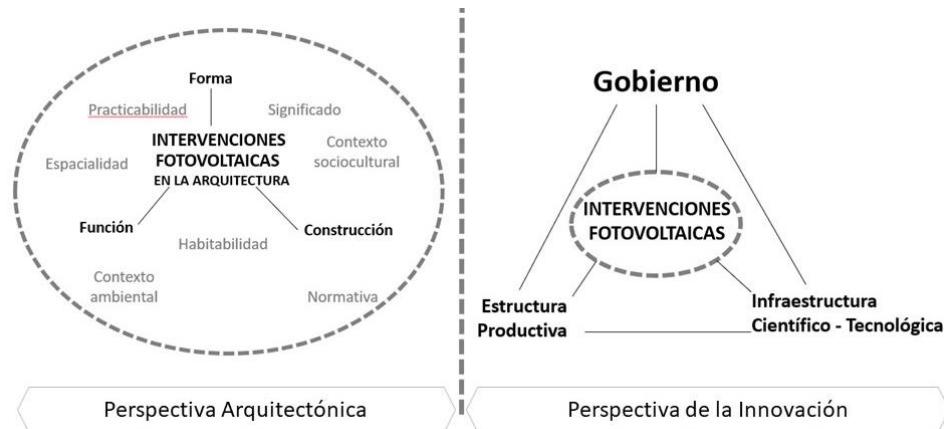


Fig. 112: Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como caso de innovación.  
Fuente: Elaboración propia.

En esta línea argumental se considera a la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” como un caso de innovación. Retomando el análisis del triángulo de Sábato, se ubica la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”, en el centro del esquema. Esta visión incluye la operación previa de pasaje de la visión técnica de la “integración de los SFCR” a una perspectiva arquitectónica.

A la izquierda de la Fig. 112 se replica el análisis realizado en la Fig. 12, basado principalmente en una perspectiva arquitectónica. A la derecha se relaciona el núcleo “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” (ahora como una caja negra o cerrada) como caso de innovación, siguiendo a Sábato (Sábato & Botana, 1975). Cada vértice del triángulo tiene su propia complejidad y se relacionan de diversas maneras con la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”.

El nodo “estado gobierno” condiciona la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura ya que establece políticas energéticas, marcos normativos, mecanismos de incentivo y subsidios y un sistema de tarifas. Las intra-relaciones del nodo son altamente complejas. Las cuestiones territoriales significan una profundidad de diversos planos, reconociéndose al menos las jurisdicciones nacionales, provinciales y municipales, así como las distintas funciones o poderes (ejecutivo, legislativo y judicial). El vértice no se encuentra en equilibrio dado que existen diversas tensiones al menos entre las políticas nacionales y algunas políticas provinciales (por ejemplo, la del Chaco). Además, existe una inestabilidad del escenario político – económico que genera incapacidad de planificación a largo plazo y dificulta la implementación masiva de la innovación. El polo “estado gobierno” pasa a ser un “rizoma” un “molusco de referencias” (Latour, 1996) con una complejidad y primacía que obstaculiza el movimiento “vascular” de la red. Esta concentración del nodo no favorece la idea de “simetría generalizada” sino que inclina la balanza y debilita al resto de los actantes.

El vértice “infraestructura científico tecnológica” podría ser un gran impulsor de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura, principalmente a través de instancias de I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación), la formación de grado y posgrado y el incentivo al abordaje interdisciplinario.

Se reconocen visiones encontradas en el nodo, en relación a la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura, que se remite a la lucha entre la perspectiva ingenieril y la humanista de la tecnología y en cierta medida también la entablada entre la eficiencia energética como fin,

versus la idea de la eficiencia como medio y entre generación centralizada versus generación distribuida. Es decir, aun cuando este vértice podría ser un mecanismo de persuasión y difusión para impulsar la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura en nuestro país y región, su agencialidad se encuentra restringida por luchas entre “programas y antiprogramas”.

El vértice “estructura productiva” es el más débil dado que no existe producción nacional de materiales (o al menos en forma masiva o integral) sino que se importa casi la totalidad de los insumos particularmente de China. Lo productivo se circumscribe a las estructuras de soporte (asimilable a la herrería tradicional), cableados y algunos insumos eléctricos. Solamente existe una estructura (también débil) de distribución y comercialización.

Pero además de estos polos (con su complejidad interna) existen otros actores o actantes que condicionan sus posibilidades de implementación y que conforman una red de carácter sociotécnico. En la Fig. 113 se diagrama los actantes involucrados en la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura partiendo de los tres vértices ya analizados y adicionando otros nodos y sus interrelaciones. La identificación de estos actantes surge principalmente de los resultados del “Caso de Estudio”.



Fig. 113: Red sociotécnica de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura.  
Fuente: Elaboración propia.

En este esquema se sube un escalón en la complejidad de interpretación: se aumentan las dimensiones de análisis pasando de la perspectiva de la innovación (Sábato & Botana, 1975) a una perspectiva sociotécnica (Latour, 1992)<sup>12</sup>.

Aparecen nuevos factores como ser los colectivos profesionales, las asociaciones intermedias y ONGs, las condiciones ambientales locales, las condiciones urbanas arquitectónicas, el mercado y el usuario (que es a la vez sujeto y colectivo). A su vez cada uno de estos nodos, polos, vértices o actantes puede ser interpretados como un “moluscos de referencias” (Latour,

<sup>12</sup> En la ANT no es muy habitual encontrar representaciones gráficas. La temática del presente libro se enfoca en la arquitectura, y la representación gráfica es un método muy afín a la disciplina, se opta por diagramar esquemas gráficos, como apoyo o explicitación de los conceptos teóricos puestos en discusión en el texto.

1996), en un proceso iterativo y recurrente de interpretación de esta red sin costuras. Esta derivación vascular de cada actante se diagrama en la Fig. 114. En este devenir resulta operativa la idea del “zoom” donde cada nodo de la red puede ser enfocado en mayor profundidad y visto como otra red inscripta en la anterior, en el movimiento vascular antes señalado y sobre un principio de reversibilidad.

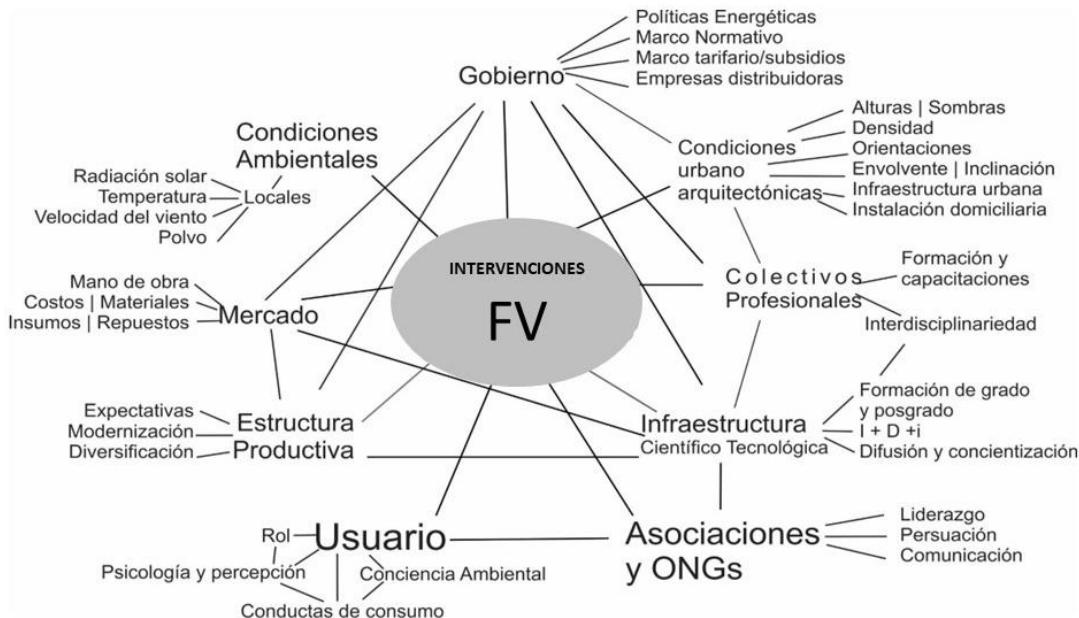


Fig. 114: Red sociotécnica de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura complejizada.  
Fuente: Elaboración propia.

El “usuario” reconoce agencias como ser la conciencia ambiental, rol, psicología y percepción del problema ambiental y conductas de consumo. Como pudo observarse en el “caso de estudio” el usuario no se encuentra acostumbrado a tener un protagonismo en la generación de energía, es decir que dificultosamente asume el rol de “prosumidor” (ver apartado 3.6) que está implícito en la generación distribuida de la energía. Existen fuertes condicionantes por la limitada conciencia ambiental, conductas y hábitos de consumo poco conscientes en relación a la energía. Desde allí surgen serias dificultades para la “apropiación” de la tecnología.

Los colectivos profesionales ya sean formales (Consejos, Colegios, Federaciones, etc.) o informales (grupos de discusión, ateneos, publicaciones) resultan de fundamental importancia para la implementación-apropiación de los SFCR en la arquitectura como catalizadores de la reflexión de esta innovación y de esta manera artífices del efecto demostrativo. La temática despierta interés entre los actores clave de los Consejos Profesionales en la región de análisis, sin embargo no se realizan acciones específicas para promoverlo. En las entrevistas realizadas a los Presidentes de los Consejos Profesionales en relación al tópico “Acciones implementadas en el Consejo Profesional sobre las energías renovables” manifestaron no realizar acciones para promoverla de forma específica.

Los profesionales de la región manifestaron también interés en las energías renovables y en contrapartida admitieron sus carencias en la formación de grado y su poca o nula capacitación de posgrado en la temática. Este aspecto se relaciona con el vértice “Infraestructura Científico Tecnológica” y entre ambos las posibilidades reales de favorecer la interdisciplinariedad.

También aparecen como actantes las asociaciones intermedias, grupos ambientalistas y ONGs, que en general en la región no tienen un interés manifiesto sobre la temática de las energías renovables, pero tampoco la obstaculizan. Los temas más urgentes en lo que respecta a organizaciones ambientales se refiere a cuestiones sociales, hídricas, uso de los recursos naturales y efecto en la salud de agroquímicos. Con los aumentos de tarifas aparecen de forma incipiente agrupaciones de usuarios reclamando ese aspecto sin ampliar la perspectiva hacia otras posibilidades de solución.

Las condiciones ambientales son variables externas a las cuales hay que adaptarse en el diseño de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como ser la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura y el polvo en suspensión. Resulta necesario conocerlas para tomar decisiones adecuadas en el diseño arquitectónico, la implantación y la definición de las condiciones urbanas explicitadas a continuación.

Las condiciones urbanas arquitectónicas son al mismo tiempo variables dependientes e independientes. Involucra el diseño del objeto arquitectónico, el contexto construido y su regulación y reglamentación. Se relaciona con las alturas de las edificaciones y su homogeneidad y sus consecuencias en las sombras, la densidad de la construcción, la orientación (por ejemplo Resistencia se encuentra girada con respecto al norte geográfico y a su vez cada edificio puede tener orientaciones variables), el diseño de la envolvente y con ello el ángulo de inclinación de posibles arreglos fotovoltaicos, la infraestructura urbana de provisión de la energía que se materializa también en elementos que puedan arrojar sombras perjudiciales (postes, transformadores, etc.) y las instalaciones domiciliarias, que siendo una cuestión técnica, aparentemente sencilla de resolver, genera problemas en su implementación como se vio en el “Caso de Estudio”. Sobre las condiciones urbanas tienen agencialidad los profesionales, los edificios vecinos, la normativa municipal que permite o restringe y los usuarios.

El mercado de materiales FV para la arquitectura en la región es prácticamente inexistente. La mano de obra no se encuentra capacitada, la provisión de materiales es muy limitada y resulta prácticamente imposible contar con insumos y repuestos para mantenimiento. Por ello los costos no son competitivos.

En la ciudad de Resistencia se identificó un solo comercio que ofrece materiales para este tipo de instalaciones.

Este entramado sociotécnico además de tratarse de una constelación de nodos de distintas escalas territoriales (nacional, provincial, municipal, barrial) se interrelaciona con condicionantes externas, lo que Sábato denomina “extra-relaciones”. El vértice gobierno tiene relación directa con organismos internacionales como ser los grupos de países (Mercosur, G7, G20) y los tratados y convenciones internacionales. Las condiciones ambientales locales se relacionan con la cuestión ambiental a nivel global. La infraestructura científica – tecnológica del contexto de análisis se relaciona con los análogos de nivel internacional. El mercado tiene franca conexión con el mercado internacional, dado que todos los insumos son importados. En la Fig. 115 en línea de trazo se señala un límite “permeable” entre el entramado sociotécnico nacional con las tensiones externas.

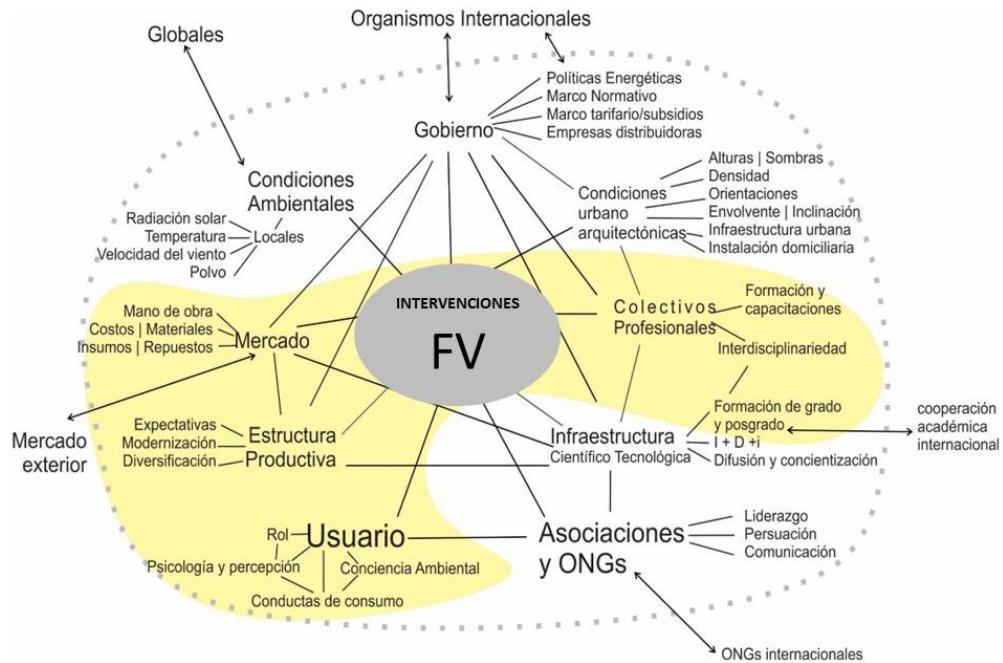


Fig. 115: Actantes externos y nodos a fortalecer.  
Fuente: Elaboración propia.

Latour considera que en el marco de la simetría generalizada la topografía de las conexiones no se refiere a categorías como “cercano” o “lejano” desde un punto de vista topológico – geográfico, sino que lo que define la red es la conexión.

Por ello desde la perspectiva de la ANT no existen límites geográficos. Tampoco resulta conducente la metáfora del “mil hojas” sino la idea de la vascularización, del rizoma y del zoom, como posibilidad de comprender en distintos niveles de profundidad las redes dentro de las redes.

La red sociotécnica descripta, hasta el momento obstaculiza la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura en el contexto nacional y regional.

El estado actual de la red sociotécnica muestra una debilidad generalizada de todos los nodos o polos e interrelaciones, pero algunos aparecen en un estado crítico. La nube color amarilla señalada en la Fig. 115 resalta los sectores más críticos de la red: el mercado, el sistema productivo, los colectivos profesionales, la formación de grado y posgrado como interface entre la Infraestructura Científico Tecnológica, por la debilidad manifestada por los profesionales en su formación en relación a la energía solar FV.

El mercado y la estructura productiva por su debilidad en el contexto nacional y regional. El usuario porque el esquema de generación distribuida de la energía requiere un protagonismo que no está acostumbrado a tener, que históricamente se le negó por la aplicación de políticas centralizadas. Resulta difícil romper con patrones de conducta, sobre todo si esto significa un mayor compromiso o un “empoderamiento” que corta la inercia de un modelo historiogenético de las relaciones asimétricas entabladas.

Por su parte resulta necesario fortalecer el liderazgo de los colectivos profesionales en la promoción de esta innovación, ya que son agentes capaces de influir y reforzar tendencias en las prácticas del diseño aun poco exploradas. La experiencia del Concurso de Ideas cuyo primer premio en la categoría profesional queda desierto (ver 2.5.1 Concurso de ideas) refleja este bajo interés sobre la temática en el contexto nacional.

El abordaje propuesto ha pasado diversas perspectivas de interpretación de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”, en un proceso escalonado en el que cada instancia incluye a la anterior, en un proceso de comprensión y complejización creciente.

La primera operación ha sido pasar de una perspectiva técnica restringida de las intervenciones fotovoltaicas, habitualmente focalizado en la materialización de la envolvente, para pasar a una perspectiva arquitectónica más amplia y multidimensional.

El siguiente procedimiento fue comprender la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como caso de innovación, con la aparición de tres vértices o nodos interrelacionados que condicionan su implementación: el gobierno, la infraestructura científico tecnológica y la estructura productiva. A su vez cada nodo tiene sus inter, intra y extra relaciones.

La siguiente maniobra epistémico-ontológica ha sido considerar la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” desde un enfoque sociotécnico, con la aparición de nuevos actantes: los colectivos profesionales, las asociaciones y ONGs, las condiciones ambientales, las condiciones urbanas arquitectónicas, el mercado y el usuario. En la Fig. 116 se muestra un diagrama que esquematiza las operaciones de complejización del concepto “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”.

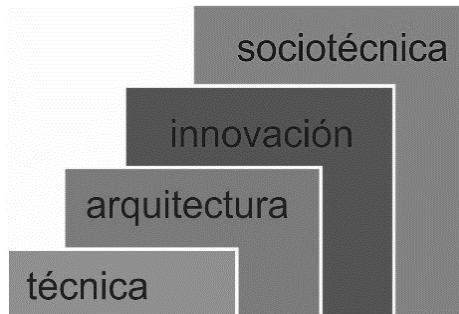


Fig. 116: Escalones interrelacionados de las diversas visiones de la cuestión.  
Fuente: Elaboración propia.

Esta red o entramado descripto hasta el momento ha obstaculizado la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura al menos en el contexto de análisis (región NEA y la Argentina en general) por una baja robustez reticular causada por las controversias y agencialidades de cada uno de ellos. En cada actante conviven programas y antiprogramas sobre la posibilidad de implementación-apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura.

Estos paradigmas están en permanente lucha, lo que genera una trayectoria errática y debilita la red.

Se enfrenta el modelo fosilista contra la matriz diversificada; la generación energética centralizada contra la generación distribuida; la idea de generación y consumo especializados contra el resurgimiento del prosumidor; la arquitectura de inspiración mecanicista contra la inspirada en la naturaleza; el énfasis en lo disciplinar contra el enfoque holístico

transdisciplinar; el paradigma ingenieril contra el enfoque de la Tecnología Humanista; el determinismo contra el constructivismo; las actitudes rutinarias contra la innovación.

Estos paradigmas contrapuestos coexisten actualmente y en la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” despliegan fuertes controversias que obstaculizan su implementación-apropiación.

### El caso de los barrios de viviendas

La “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” descripta desde un abordaje sociotécnico en los párrafos anteriores, se refiere a todas las tipologías arquitectónicas. Situar este entramado para el análisis de la posibilidad de implementación de los SFCR en los barrios de viviendas de producción estatal, si bien no modifica sustancialmente la red de interrelaciones descripta, pone énfasis en algunos actantes, robustece sectores del entramado y debilita otros.

En función del modelo adoptado históricamente en las políticas de vivienda en la Argentina el nodo que adquiere relevancia, peso y primacía es el gobierno. Como se observa en la Fig. 117 en este vértice aparecen como protagonistas los Institutos de Vivienda y las Empresas Distribuidoras de Energía, que hasta la actualidad imposibilitaron la implementación de los SFCR con fundamentos normativos (provincias como el Chaco hasta el momento no adhirieron a la Ley de Generación Distribuida) pero también por resistencia al cambio de paradigma.



Fig. 117: Red sociotécnica Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura en barrios de viviendas.  
Fuente: Elaboración propia.

El nodo “Gobierno” reconoce diferentes estamentos cuyos intereses son controvertidos. A nivel nacional existe interés en fomentar las energías renovables y la generación distribuida, aunque con nulos o escasos mecanismos de financiación (lo que representa un obstáculo infranqueable). La provincia Chaco no reconoce el tema en su agenda prioritaria y no han adherido a la Ley Nacional hasta el momento.

En cuanto a la vivienda, a nivel nacional, se verifica un esfuerzo por tender a la sustentabilidad mediante la actualización de los estándares mínimos de calidad y la elaboración del “Manual de Vivienda Sostenible”, en el marco del proyecto financiado por el BID denominado “Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Social Argentina”. A nivel provincial esta política no resulta tan clara y los esfuerzos se enfrentan a restricciones técnicas y profesionales como se pudo observar en el “Prototipo Optimizado” propuesto por el IPDUV.

En el nodo “Estructura Productiva” aparece como protagonistas las Empresas Constructoras, guiadas exclusivamente por la rentabilidad y con poco interés en la sustentabilidad ambiental y la innovación en un contexto de inestabilidad política.

El “usuario” aparece como un nodo subyugado a la decisión del gobierno, y por ello se agrega el subtítulo “destinatario”, por su rol pasivo en el proceso.

El usuario–destinatario de las viviendas sociales históricamente tuvo baja o nula participación en el proyecto, ejecución e implementación, y la satisfacción de sus necesidades se encuentran mediadas por estándares estadísticos, sin que ello implique una real aceptación de la vivienda.

Tampoco aparecen fortalecido el lazo con asociaciones intermedias que podrían ser núcleos de empoderamiento en general y en el tema energético, en particular.

En general todos los nodos se encuentran disminuidos y sus interrelaciones son débiles. Resulta necesario favorecer un proceso de “robustecimiento del entramado” que alinee la trayectoria de estos actantes a partir del fortalecimiento de sus vínculos.

## 5.2. Modelo Sociotécnico Situado

Como señala Latour (1992) en “Ciencia en acción” existe una brecha entre la ciencia elaborada y la ciencia en elaboración y la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura, en el contexto nacional y regional, se ubica en el extremo de las controversias propias de la ciencia en elaboración (como se vio en otros contextos existe una dilatada trayectoria en su aplicación).

Por ello es necesario delinear un modelo que favorezca la implementación-apropiación de esta tecnología que además sea “situado”<sup>13</sup>.

Esta propuesta, planteada a nivel de pautas y lineamientos, se denomina en el contexto del presente trabajo “Modelo Sociotécnico Situado” (MoSS) y su objetivo es favorecer la implementación-apropiación de la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”.

En el presente trabajo se describió en profundidad el entramado de relaciones que condicionan las posibilidades de implementación-apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura. Pero para favorecer esta implementación-apropiación hasta hoy obstaculizada es necesario trascender la descripción e intentar esbozar lineamientos para sublimar el conflicto, asumiendo que la solución de un problema es una tarea colectiva, que requiere como primera acción la descripción profunda del fenómeno (Ladrière, 1978). Por ello

<sup>13</sup> El término “situado” se entiende en el marco del presente trabajo como la posibilidad de relacionar las particularidades del entorno de formulación sin desconocer posibles trayectorias de abstracción y generalización, que lo hace aplicable a otros contextos, en una aspiración a la universalidad.

de forma cautelosa y humilde, se desarrolla una visión prospectiva, intentando dar ciertas pautas deseables de resolución de las controversias y lineamientos preferenciales de evolución (Ladriere, 1978) de la temática abordada.

Habiendo abierto la caja negra de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” se describieron las controversias que se desatan en el campo de lo social, lo cultural, lo tecnológico, lo profesional, lo político y lo económico. Se ha desenmascarado la supuesta “neutralidad” de la técnica y se analizaron las trayectorias, programas y antiprogramas de los actantes identificados.

La elaboración de pautas para un MoSS que favorezca la implementación-apropiación de la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura significa operaciones de persuasión de numerosos agentes humanos y no humanos (Latour, 2001).

En el texto citado Latour ocupa la alegoría del Jano bifronte, personificando la ciencia elaborada como la imagen de la izquierda de la Fig. 118 y la ciencia en proceso de elaboración a la derecha. Si “la máquina” en el contexto del presente trabajo es la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” la ciencia elaborada (izquierda) se posiciona en la “paradigma ingenieril” determinista y afirma *“cuando la máquina funcione todos quedarán convencidos”*. Por su parte la ciencia en elaboración (derecha de la figura) dice *“la máquina funcionará cuando todas las personas relevantes estén convencidas”*. En el contexto del presente trabajo esta frase podría interpretarse como la “del presente trabajo será posible cuando todas las personas relevantes estén convencidas”<sup>14</sup>.

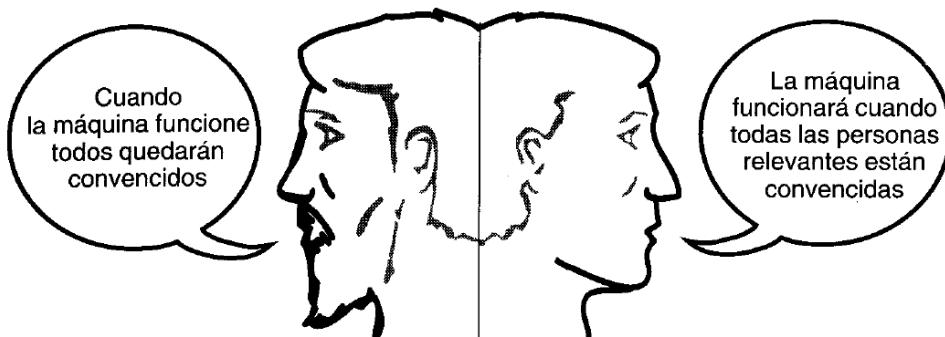


Fig. 118: Tercer aforismo de Jano.  
Fuente: (Latour, 1992).

Cabe entonces la siguiente pregunta: ¿cuáles son las personas relevantes?

Surgen posibles respuestas: son las que ostentan el poder político, económico, normativo; son los usuarios que asumen el rol de prosumidores; son los técnicos que instalan el medidor de electricidad adecuado; son los profesionales que incorporan en fases iniciales del diseño la intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura; son las condiciones urbanas de alturas, retrocesos, morfologías que posibilitan el adecuado funcionamiento del sistema; son las universidad que forman profesionales a nivel de grado y posgrado, investigan, desarrollan,

<sup>14</sup> Se traduce “la máquina” como “la intervención fotovoltaica”. Licencia de la autora para enfatizar la línea argumental.

experimenta; son los empresarios que apuestan a las energías renovables. Y el listado de hipótesis para responder esta pregunta podría seguir.

A partir del aporte del enfoque sociotécnico y en especial en el concepto de simetría generalizada la respuesta es: todos los “actantes” son relevantes. Resulta igualmente relevante el gobierno, los usuarios, los materiales, el mercado, la normativa, las condiciones ambientales, las condiciones urbanas.

Un MoSS que favorezca la Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura se enfrenta a numerosos obstáculos. Una perspectiva más optimista o proactiva podría ser visualizarlos como “desafíos”, asumiendo que para sortearlos será necesaria la movilización de numerosos actantes alineando sus programas en dirección y sentido. A continuación, se reconocen los principales desafíos y sus trayectorias deseables:

- El desafío político – normativo: definición y ejecución de una política concreta en relación a las energías renovables, en particular a la generación distribuida, como cambio de paradigma tendiente a la soberanía energética.
- El desafío económico – tarifario: sinceramiento de tarifas, posible quita de los subsidios a las energías fósiles (con mecanismos de contención social de los sectores más vulnerables), mecanismos de incentivo y líneas de crédito para la generación distribuida que amorticen el desembolso inicial de este tipo de sistemas.
- El desafío de fortalecimiento del mercado: promoción del mercado FV favoreciendo el surgimiento de PyMes con perfil innovador y mecanismos económicos para sustituir importaciones, mejorar la distribución y disminuir los costos de transporte con especial énfasis en mecanismos de producción sostenible.
- El desafío de la apropiación del usuario: la dimensión socio cultural es fundamental en el cambio en el que el sujeto (individual y colectivamente) pasa de un rol pasivo de “consumidor” a otro empoderado de “prosumidor” de energía. Este aspecto se encuentra invisibilizado en las políticas hasta ahora ensayadas.
- El desafío del diseño integral desde una estética de la energía: de carácter eminentemente profesional y también al mismo tiempo de carácter interdisciplinario, en la búsqueda de expresiones arquitectónicas genuinas que integren forma, función y construcción a partir de la incorporación de las innovaciones tecnológicas con un fuerte compromiso ambiental y para propiciar la apropiación.

Alinear las trayectorias de estos desafíos significa la condición de posibilidad para otorgar robustez reticular al entramado sociotécnico y sostenibilidad, desde una perspectiva heurística, que permita sortear las contingencias y retos a los que se enfrenta la implementación-apropiación de esta innovación.

De los desafíos identificados el último aparece como un campo de incumbencia directa de los profesionales de la arquitectura y donde es factible realizar el principal aporte ya sea por la persuasión, por el diseño, por el efecto demostrativo, por la formación de grado y posgrado.

Es factible identificar una visión fragmentada (asimétrica) entre la perspectiva técnica (enfocada en las instalaciones, las mediciones, etc.) y la sociocultural (que es mucho más débil). Esta brecha que hasta el momento obstaculizó la implementación – apropiación de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” (ver Fig. 119).

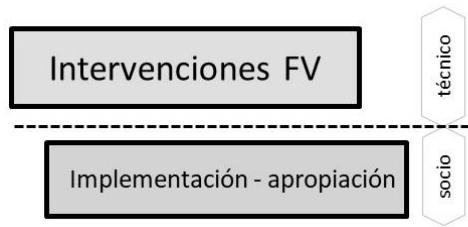


Fig. 119: Brecha entre el enfoque técnico y las posibilidades de “implementación-apropiación”.  
Fuente: Elaboración propia.

Resulta necesario fusionar estas dos visiones a través de un Modelo Sociotécnico Situado. En la Fig. 120 se grafica al MoSS como el eslabón que posibilita la implementación-apropiación de la “Intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”.

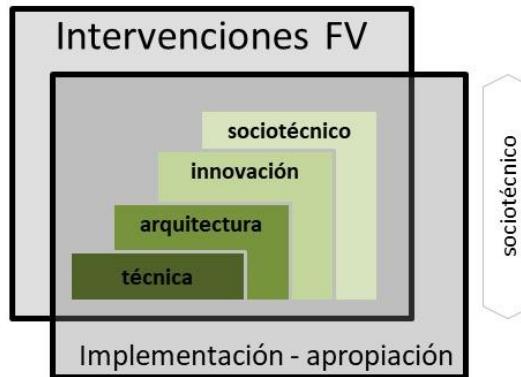


Fig. 120: Modelo Sociotécnico Situado.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se explicitan algunos lineamientos para operativizar el MoSS en el contexto específico, pero que puede ajustarse a otras situaciones, en un proceso participativo e intersectorial.

### Lineamientos para un MoSS

La “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” resulta un concepto complejo y poco conocido en el contexto de aplicación propuesto. Para abrir la discusión sobre sus posibilidades de implementación-apropiación es necesario explicitar sus dimensiones y las trayectorias de los actantes que resulta deseable que se propicien.

A continuación, se plantea un esquema por actante y sus variables de análisis con situaciones consideradas óptimas, suficientes y deficitarias. Se continua la metodología del Manual de la Vivienda Sostenible (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018) considerando la posibilidad de aplicación en el ámbito nacional.

El marco general en el que se inscribe el MoSS es la faceta ambiental de las energías renovables, que interpela los demás actantes en análisis (gobierno, usuario, mercado, etc.).

En la Tabla 28 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a los organismos gubernamentales y variables como coordinación, marco normativo, marco tarifario, financiación y monitoreo de las experiencias.

ORGANISMOS GUBERNAMENTALES		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Coordinación	Organismo de enlace con participación de privados y organismos de investigación			
	Coordinación en todas las etapas			
	No hay coordinación			
Marco Normativo	Normativa de incentivo			
	Adhesión a la Ley de GD			
	No adhesión a la Ley de GD ni incentivo propio			
Marco Tarifario	Tarifa diferenciada (plazo 8 años). Luego balance neto			
	Tarifa diferenciada (plazo 4 años). Luego balance neto			
	Balance neto o no existencia			
Financiación	Público – privado del equipo y de la instalación (24-48 meses, tasa 0)			
	Público del equipo en 24 meses, tasa baja			
	No hay financiación			
Monitoreo	Cuali – Cuantitativo Permanente			
	Cuantitativo Periódico			
	No previsto			
RESULTADO ORGANISMO GUBERNAMENTAL				

Tabla 28: Condiciones de los organismos gubernamentales para un MoSS.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 29 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a la universidad y variables como formación de grado en ER y en especial SFCR, formación de posgrado en la temática de los SFCR, participación y vinculación con el medio en el tema de los SFCR, interacción con otros organismos de CyT sobre SFCR e I+D+i.

En la Tabla 30 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación al mercado y variables como mano de obra, materiales e insumos y distribución y comercialización.

UNIVERSIDAD		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Formación de grado en ER y en especial SFCR	Energías renovables obligatoria			
	Energías renovables optativa			
	Sin formación de grado			
Formación de posgrado en la temática de los SFCR	Interdisciplinaria en todos los niveles			
	Interdisciplinaria especialización			
	No existe			
Participación y vinculación con el medio en el tema de los SFCR	Alta, en mesas de enlace público privadas			
	Existente, asesoramiento al gobierno			
	Baja			
Interacción con otros organismos de CyT sobre SFCR	CONICET, INTI, otras universidades nac. y extranjeras			
	Existe interacción			
	No existe			
I+D+i en la temática de los SFCR	Alta e interdisciplinaria, articulada con sector privado			
	Media y disciplinar			
	Baja			
RESULTADO UNIVERSIDAD				

Tabla 29 Condiciones de la Universidad para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

MERCADO		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Mano de obra	Diversificada y capacitada			
	Capacitada			
	No existe			
Materiales e insumos	Incentivo a la producción nacional con criterios ambientales			
	Mejora de costos (quita de impuestos importados)			
	Costos altos y poca variedad			
Distribución Comercialización	Diversificada y con criterios de sustentabilidad			
	Existente			
	Mala			
RESULTADO MERCADO				

Tabla 30 Condiciones del Mercado para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 31 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a los colectivos profesionales y variables como información, formación y participación.

COLECTIVOS PROFESIONALES		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Información	Permanente e interdisciplinaria			
	Existente disciplinar			
	No existe			
Formación	Permanente e interdisciplinaria			
	Existente disciplinar			
	No existe			
Participación	Alta, interdisciplinaria e intersectorial			
	Existente			
	No se participa			
RESULTADO COLECTIVO PROFESIONAL				

Tabla 31: Condiciones de los colectivos profesionales para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 32 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a las organizaciones intermedias y variables promoción de las ER y los SFCR, difusión, información, capacitación y control y participación.

ORGANIZACIONES INTERMEDIAS		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Promoción de las ER y los SFCR	Entes públicos privados activos			
	Existente			
	No existe			
Difusión, información, capacitación y control	Alta, intersectorial e interdisciplinaria			
	Existente			
	No existe			
Participación	Alta, intersectorial e interdisciplinaria			
	Existente			
	No existe			
RESULTADO ORGANIZACIONES INTERMEDIAS				

Tabla 32: Condiciones de las Organizaciones Intermedias para un MoSS.  
Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 33 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a las condiciones ambientales y variables como radiación solar, temperatura, ventilación y polvo.

CONDICIONES AMBIENTALES LOCALES		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Radiación solar anual (kWh/m <sup>2</sup> )	Más de 1.800			
	Entre 1.500 y 1.800			
	Menos de 1.500			
Temperatura	Baja			
	Media			
	Alta			
Ventilación	Alta			
	Media			
	Baja			
Polvo	Nulo			
	Bajo			
	Alto			
RESULTADO CONDICIONES AMBIENTALES LOCALES				

Tabla 33: Condiciones Ambientales locales para un MoSS.  
Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 34 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a las condiciones urbanas y variables como orientación, inclinación, densidad y sombras exteriores.

CONDICIONES URBANAS		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Orientación	Norte			
	Noroeste y Noreste			
	Todas las demás			
Inclinación <sup>15</sup>	De 20 a 27°			
	Entre 10° y 20 y entre 27° y 45°			
	Por debajo de 10° y por encima de 45°			
Densidad	Baja y homogénea			
	Media y homogénea			
	Alta y heterogénea			
Sombras exteriores	Nulas, pautas para la forestación			
	Pocas			
	Muchas			
RESULTADO CONDICIONES URBANAS				

Tabla 34: Condiciones Urbanas para un MoSS.

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 35 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a las condiciones arquitectónicas y variables como forma, función, construcción y potencia del SFCR.

<sup>15</sup> Datos para el caso de aplicación Resistencia. Es necesario ajustar para otras latitudes.

CONDICIONES ARQUITECTÓNICAS		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Forma	Aumenta las cualidades estéticas			
	No disminuye las cualidades estéticas			
	Afecta la estética			
Función	Alto grado de uso y practicabilidad			
	Definida			
	No definida / inútil			
Construcción	Integración			
	Aplicación con criterio			
	Aplicación sin criterio			
SFCR	2 a 3 kWp			
	1 a 2 kWp			
	Menos de 1 kWp			
RESULTADO CONDICIONES ARQUITECTÓNICAS				

Tabla 35: Condiciones Arquitectónicas para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 36 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a la capacitación del usuario y variables como instancia de información y capacitación, mecanismos de resolución de problemas y pautas post instalación.

CAPACITACIÓN DEL USUARIO		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Instancia de información y capacitación	Cursos + Manual de uso			
	Manual de uso			
	No existe			
Mecanismos de resolución de problemas	Organismo de enlace / línea telefónica / página web			
	Línea telefónica / página web			
	No existe mecanismo previsto			
Pautas post instalación	Pautas estrictas para ampliaciones, forestación, etc.			
	Pautas para ampliaciones, forestación, etc.			
	No existen pautas para ampliaciones, forestación, etc.			
RESULTADO CAPACITACIÓN DEL USUARIO				

Tabla 36: Capacitación del usuario para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 37 se exponen las situaciones óptimas, suficientes y deficitarias en relación a la participación del usuario y variables como forma de acceso a la instalación, instancias de participación y relación comunitaria.

PARTICIPACIÓN DEL USUARIO		Óptima	Suficiente	Deficitaria
Forma de acceso a la instalación	Autogestionada por mérito (cursos)			
	Autogestionada			
	Por sorteo o llave en mano			
Instancias de participación	Activa en todas las etapas			
	Possible en todas las etapas			
	No prevista			
Relación comunitaria	Actor de enlace y alta relación comunitaria			
	Buena relación comunitaria			
	No existe			
RESULTADO PARTICIPACIÓN DEL USUARIO				

Tabla 37: Participación del usuario para un MoSS.

Fuente: elaboración propia.

Esta propuesta no pretende ser un instrumento acabado o receta, sino por el contrario una apertura al diálogo, un panel de visualización *in progress* que permita comprender de forma simultánea las dimensiones de análisis y que tienda a una posible gradualidad de implementación en las condiciones reales del contexto temporal y espacial.

Su construcción debería incluir una visión interdisciplinaria e intersectorial con fuerte implicación de todos los actores sociales, para su apropiación como herramienta útil que se antice a un posible escenario de implementación masiva de esta innovación sociotécnica.

Sus posibilidades de aplicación pueden trascender el caso (barrios de viviendas sociales) y el contexto (ciudad de Resistencia y Región NEA) sentando lineamientos de reflexión – acción generalizable, y pretende ser un aporte con humildes rasgos de universalidad.

Sería deseable avanzar en un proceso de “cuantificación” de pesos relativos de cada variable y de determinación de valores de referencia con el objetivo último de un “etiquetado” del proceso de implementación-apropiación de la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura”, tendiente a una normalización de las experiencias a través de pautas claras, entendibles, flexibles, evitando excesivos tecnicismos, como herramienta de gestión concreta.

Esta tarea resulta una instancia de tipo transectorial, y como metodología resulta deseable que sea transdisciplinaria y participativa.

# CONCLUSIONES



# CONCLUSIONES

*"El hombre no tejió la trama de la vida; él es sólo un hilo.  
Lo que hace con la trama se lo hace a sí mismo".*

Jefe Indio Seattle de la tribu Suquamish.

El principal aporte del presente libro es comprender a las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como una problemática sociotécnica, dado que habitualmente se la aborda desde dimensiones exclusivamente técnicas. Este cambio de enfoque asume la complejidad de los procesos de implementación–apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura y en especial en los barrios de viviendas.

Para ello se partió de considerar las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura como un caso de innovación, interrelacionado en un esquema triangular con los vértices gobierno, infraestructura científico–tecnológica y estructura productiva.

A partir de allí se tejió una red de factores, que conforman el entramado de esta innovación y que por sus debilidades y controversias condicionan las posibilidades de implementación–apropiación. Las controversias, que se manifiestan en programas y antiprogramas (enfrentamiento de paradigmas) dan por resultado una red de interrelaciones débiles que “deshilachan” el entramado.

El pasaje del modelo energético catalizado por la crisis del petróleo y la desconfianza de los efectos de la energía nuclear, desenmascaró una lucha de intereses y enfrentamientos de paradigmas, que genera altas controversias en diversos campos y que en definitiva obstaculizan la implementación–apropiación de las SFCR.

En relación al tópico energía se enfrentan los defensores del modelo fosilista con los promotores de la matriz diversificada. Los primeros respaldan la generación centralizada, los otros sostienen la viabilidad de la generación distribuida que tiende a la soberanía energética y al empoderamiento del usuario. Mientras los primeros prefieren la especialización entre las instancias de generación de energía y consumo, los segundos aceptan y promueven el resurgimiento del prosumidor.

En cuanto a las posibilidades de innovación se enfrentan las actitudes rutinarias con las acciones disruptivas e innovadoras.

En la filosofía de la tecnología se enfrenta el paradigma ingenieril, que aporta al modelo determinista, contra el enfoque de la Tecnología Humanista que coopera con la idea constructivista.

En el campo de la arquitectura es factible también reconocer dos modelos: uno de inspiración mecanicista, con alusiones a la máquina como metáfora y otro orientado hacia una arquitectura sostenible que busca sus recursos estéticos y prácticos en la naturaleza, aprendiendo de ella. En esta perspectiva, que podría denominarse “sustentable” o “sostenible”, los conocimientos disciplinares no resultan suficientes y resulta necesario un abordaje interdisciplinario en la búsqueda de una “estética de la energía”.

Y de forma más general, la tierra no solo que se mueve (Galileo) sino que al mismo tiempo se commueve (Latour, 2017). Ver Fig. 121.

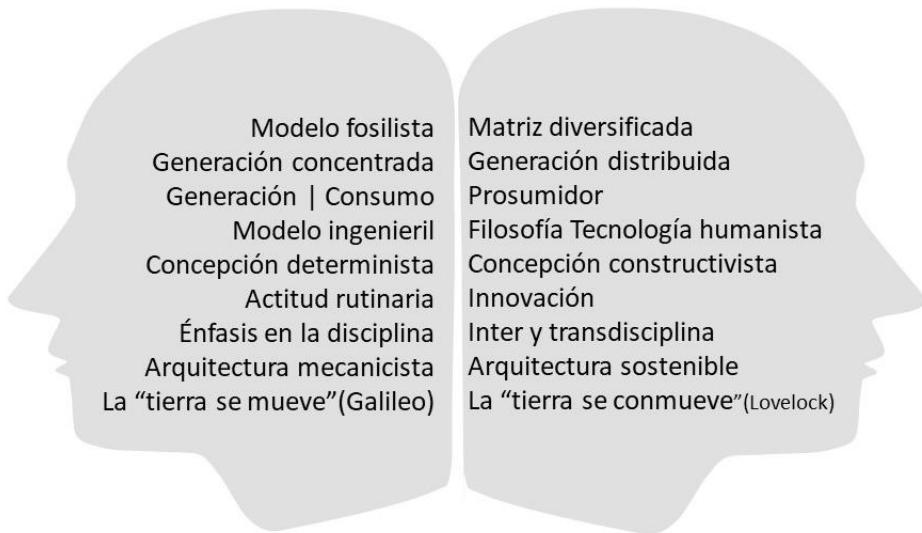


Fig. 121: Contraposición de paradigmas que resulta necesario alinear para lograr la “implementación – apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura.

Fuente: Elaboración propia.

Robustecer el entramado sociotécnico de la “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” implica alinear las motivaciones de estos factores y sortear una serie de retos entre los que se destaca el: político–normativo, económico–tarifario, del mercado, apropiación del usuario y el diseño de una estética arquitectónica de la energía (éste último de especial interés para el campo profesional).

A partir de la descripción de la red, se propuso un Modelo Sociotécnico Situado (MoSS) para favorecer la implementación-apropiación de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura, en especial en barrios de vivienda en la ciudad de Resistencia, en la región Nordeste y el resto del país con recurso solar suficiente.

Se trata de un esquema de los distintos factores para visibilizar de forma simultánea todas las variables, estableciendo parámetros óptimos, suficientes y deficitarios. Se lo propone como “herramienta de gestión” para ser utilizada por todos los actores implicados en un proceso participativo, interdisciplinario e intersectorial en situaciones de implementación de la tecnología FV, favoreciendo las posibilidades de “apropiación”.

Se trata de un instrumento de gestión *in progress* que puede ser discutido, ampliado o sintetizado por los actores, definiendo con mayor precisión las variables tenidas en cuenta y los parámetros de cumplimiento.

Resulta deseable avanzar hacia una cuantificación de este MoSS mediante la puntuación y determinación del peso relativo de las variables que permitan valorar las distintas dimensiones, explicitando los aciertos y desaciertos para favorecer la “implementación – apropiación” de las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura. Esta tarea requiere de un proceso consensuado por todas las partes.

Esta herramienta tiene posibilidades de aplicación que trascienden el caso (barrios de viviendas sociales) y el contexto (ciudad de Resistencia y Región NEA) sentando lineamientos de reflexión–acción generalizable, lo que pretende ser un aporte con rasgos de universalidad.

### Respecto a los barrios de vivienda

Los barrios de viviendas sociales aparecen como un programa propicio para la aplicación de las tecnologías fotovoltaicas aun considerando sus obstáculos, principalmente del ámbito socio cultural, económico y político.

El modelo de gestión “llave en mano” generalmente implementado para paliar el déficit habitacional, resulta un obstáculo porque no favorece mecanismos de participación de los usuarios – beneficiarios. Esta inercia es difícil de romper en un escenario de viraje a la figura del prosumidor, que implica un empoderamiento al que el usuario no está acostumbrado.

En el “Caso de Estudio” se evidenciaron múltiples dificultades en la implementación de SFCR tanto de los organismos intervenientes como de los usuarios. Surgieron problemas técnicos y mecanismos de resolución de contingencia y seguimiento, débiles.

En los “Casos de Aplicación” el uso de la herramienta computacional PV\*SOL Premium 2019 permitió de forma confiable, ágil, en un entorno amigable para los arquitectos, modelizar distintas posibilidades de “intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura” tanto de barrios construidos como de proyectos a ejecutar. La simulación de distintos arreglos fotovoltaicos considerados “pequeños generadores” (Resolución N° 314/18) arrojan porcentajes de cobertura que van desde un tercio del consumo a la totalidad (edificio de energía cero) en arreglos de diversas potencias (1, 2 y 3 kWp) y sin utilizar la superficie total disponible de la cubierta.

La actualización de los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social”, el “Manual de vivienda Sustentable”, el proyecto “Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Social Argentina”, financiado por el BID y la aprobación de la norma “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo” (IRAM 11900, 2017) evidencia una constelación de oportunidades para mejorar la sostenibilidad de la vivienda social.

El presente trabajo representa un aporte de carácter empírico (a partir de los resultados de las simulaciones y la valoración de los usuarios a través de encuestas), pero sobre todo teórico desde una mirada holística de la problemática que reconozca su dimensión sociotécnica.

El MoSS delineado podría ser utilizado en todo el país (con los ajustes que sean necesarios para cada situación meteorológica y social) como “panel de visualización simultánea” de todos los aspectos a tener en cuenta en un proceso de implementación-apropiación de intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura. Por ello se siguió para su diagramación una estructura similar a la propuesta en el “Manual de Vivienda Sustentable” (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018).

Los barrios de vivienda son un programa arquitectónico que permitiría una escalada de la tecnología por su implementación masiva (un 23% de las viviendas de la ciudad de Resistencia se construyeron a través de operatorias oficiales) pero se reconocen serias restricciones políticas, culturales y sociales que dificultan la implementación e impiden la apropiación de la tecnología. Se ha demostrado que sería factible su inclusión en barrios ya construidos cuyo consumo energético ha aumentado notablemente en los últimos años.

El espacio doméstico (la vivienda) puede favorecer la “apropiación” de los usuarios en la implementación de SFCR, considerando un plan o programa de concientización ambiental y uso racional y eficiente de la energía. Pero la “apropiación” de la tecnología no es un proceso que se dará de forma automática con la implementación, sino que requiere de acciones

deliberadas para favorecerla e incluso, como se señaló anteriormente, para romper actitudes rutinarias del vínculo que entabla el ser humano con la energía.

El fortalecimiento de las organizaciones intermedias, como ser las comisiones vecinales, pueden resultar un mecanismo de enlace y fomento de acciones comunitarias sostenibles. El empoderamiento de la comunidad es una oportunidad que se manifiesta de forma más clara en los barrios, que, en otros sectores urbanos, dado que existe límites concretos que pueden fortalecer la idea de pertenencia.

### **Respecto a la perspectiva arquitectónica**

Para que las intervenciones fotovoltaicas en la arquitectura sean una innovación tangible (es decir que se logre su implementación de forma masiva) es necesario delinear estrategias que favorezcan su “apropiación” por parte del usuario.

El diseño es el aspecto clave que podría favorecer la “deseabilidad” de la sociedad de esta innovación, respondiendo a pleno los criterios arquitectónicos de funcionalidad, estética y durabilidad, favoreciendo la construcción de los significados y la espacialidad.

Este desafío es de carácter eminentemente profesional y al mismo tiempo transdisciplinario, en la búsqueda de expresiones arquitectónicas genuinas que integren forma, función y construcción a partir de la incorporación de las innovaciones tecnológicas con un fuerte respeto ambiental.

Dado que el mercado de fabricación local de insumos fotovoltaicos es aún incipiente, resulta factible proponer un esquema de fabricación, distribución, ejecución de obras y mantenimiento desde la perspectiva de la circularidad. Para ello resulta necesaria la regulación ambiental de la actividad y la implementación de incentivos a la producción limpia.

El ACV de los sistemas fotovoltaicos es un tema que requiere un estudio profundo, situación que resultaría deseable desarrollar en un posible futuro contexto de producción nacional de módulos fotovoltaicos y demás insumos y elementos del sistema. Resulta inquietante el impacto ambiental de importar desde China la casi totalidad de componentes del sistema.

En el presente trabajo de diversas formas quedó en evidencia cierta debilidad en la formación de los arquitectos de la región y el país en relación con la implementación de las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular: escasas o nulas intervenciones arquitectónicas fotovoltaicas construidas, baja o nula participación en concursos sobre la temática, autorrepresentación en encuestas de los profesionales y opinión de los actores clave en las entrevistas.

El diseño de una nueva estética de la energía es un apretado nudo en la trama que representa la posibilidad de “desatar” las posibilidades de usar las energías renovables en las construcciones y así permitir el desarrollo de una arquitectura ambientalmente sostenible, estéticamente bella, que retome el vínculo perdido con la fuente inagotable de energía sobre la tierra: el Sol.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alías, H. & Pilar, C. (2007). *Uso Racional de Energía y Análisis de Ciclo de Vida*. Resistencia: FAU - UNNE.
- Alonso-Frank, A. & Kuchen, E. (2017). Validación de la herramienta metodológica de Alonso-Frank & Kuchen para determinar el indicador de nivel de eficiencia energética del usuario de un edificio residencial en altura, en San Juan – Argentina. *Hábitat Sostenible*, 6-6.
- Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de Investigación social*. Argentina: Lumen.
- Agencia de Protección Ambiental. APrA. (2014). *Seminario Intervenciones urbanas con energía solar fotovoltaica. Manual*. Buenos Aires: Agencia de Protección Ambiental.
- Arango Londoño, J. (2013). *La innovación tecnológica como red de interacción: la constitución reticular de un dispositivo tecnológico*. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco, Facultad de Filosofía Departamento de Filosofía, San Sebastián.
- Argentina Green Building Council. AGBC. (2016) *Seis provincias con normativa de generación distribuida de energías renovables*. Disponible en <http://www.argentinagbc.org.ar>
- Arroyo, J. (2011). Espacio público. Entre afirmaciones y desplazamientos. Santa Fe: Ediciones UNL.
- ASIF Asociación de la Industria Fotovoltaica. (s.f.). *Prejuicios y Mitos sobre la energía Solar Fotovoltaica*.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR. (2009). *Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema*. UNE – EN 62446.
- Ázcarete Luxán, B. & Mingorance Jiménez, A. (2008). *Energías e impacto ambiental*. Madrid: Equipo Sirius.
- Bakos, G., Soursos, M. & Tsagas, N. (2003). Technoeconomic assessment of a building-integrated PV system for electrical energy saving in residential sector. *Energy and Buildings*, 757-762.
- Banco Mundial. (2018). *Banco Mundial*. Obtenido de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Barreto, M. (2015). Un encuadre teórico-metodológico para el análisis de la política habitacional. En M. y. Barreto, *Hacia una política integral del hábitat. Aportes para un observatorio de política habitacional en Argentina* (págs. 143-211). Buenos Aires: Café de las ciudades.
- Barreto, M., Alcalá, L., Benítez, M., Fernández, M., Giró, M. & Pelli, M. (2014). *La política Federal de Vivienda desde su implementación en el Gran Resistencia (2003-2007). Análisis y recomendaciones*. Buenos Aires: Diseño .
- Beck, U. (2002). *La sociedad del Riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.

- Bello, C., Busso, A., Vera, L. & Cadena, C. (2010). Factores que Afectan el Funcionamiento de Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas en Regiones del Nordeste Argentino. , Vol 14, pp. 93-99. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (14), 93-99.
- Belmonte, S., Escalante, K. & Franco, J. (2012). Aplicación de metodologías cualitativas para el análisis de factores condicionantes en procesos de adecuación socio – técnica de energías renovables. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16.
- BEN, 2. (2018). *Balance Energético Nacional 2017*. Obtenido de Balance Energético Nacional de Uruguay: <http://www.ben.miem.gub.uy/>
- Benyus, J. (2012). *Biomimética. Innovaciones inspiradas por la naturaleza*. Barcelona: TUSQUETS Editores.
- Bermejo, R. (2011). *Principios para una economía circular. Escasez de materiales. Conceptos y las políticas de la Unión Europea. Manual para una economía sostenible*. Madrid: Libros de la Catarata.
- Bijker, W. (1995). *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge: MIT Press.
- Bijker, W; Hughes, T & Pinch, T. (1987). *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge: MIT Press.
- 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*. Corrientes: UNNE.
- Braungart, M. & McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. España: McGraw Hill.
- Broadbent, G. (1976). *Diseño arquitectónico. Arquitectura y ciencias humanas*. (2º ed.). Barcelona: G.G.
- Brooks & Scarpa. (s.f.). *Solar umbrella house*. <http://www.brooksscarpa.com/solar-umbrella-house>
- Burgos, C. (2014). Aportes a la teoría del diseño desde una visión epistémica: el giro social y su influencia en una agenda para la disciplina. *ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del nordeste argentino*, 2 (2), 83-92.
- Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Caamaño Martín, E. (1998). *Edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: caracterización y análisis*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.
- Cáceres, M., Busso, A., Cadena, C. & Vera, L. (2011). Determinación de la Eficiencia de Conversión del Inversor Empleado en un Sistema de Generación Fotovoltaica Conectado a Red Instalado en el Nordeste Argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 17-24.
- Cáceres, M., Busso, A., Vera, L., Firman, A., Leiva, G. & Luque, L. (2012). Sistemas fotovoltaicos conectados a red: estabilidad en los parámetros de la red y sus efectos

- en la capacidad de generación. *IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia*. Sao Paulo.
- Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía. CACME. (2019). *Los recursos energéticos distribuidos en Argentina*. Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía.
- Callon, M. (1987). Sociedad en su hechura: El estudio de la tecnología como una herramienta para análisis sociológico . *La construcción social de sistemas técnicos: nuevas direcciones en la sociología e historia de la tecnología*, 83-103.
- \_\_\_\_\_ (2001). Redes tecno-económicas e irreversibilidad. *Redes*, 8 (17), 85-126.
- Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. - CAMMESA (2018). *Informe Anual 2017*.
- Capra, F. (1998). *El Punto Crucial*. Buenos Aires: Troquel.
- Champion, R. (2003). *Teoría y saber de la arquitectura*. Corrientes: EUDENE Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste.
- Chejolán Ramski, C. & Romero, J. M. (2018). *Diseño de um desarrollo urbanístico PRO.CRE.AR. con criterios de sustentabilidad ambiental en Resistencia*. Resistencia: Trabajo Final de Carrera. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste.
- Chivelet, N. (2007). *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*. Barcelona: Reverté.
- Chivelet, N., Sánchez , J., Lillo, S. & Fabero , F. (2009). *Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica* . CIEMAT.
- Código Técnico de Edificación (CTE) . (2013). España.
- Cossoli, P., Ibarra, A., Poletto, G., Blanco, M. & Cáceres. (2014). Primeros resultados de operación de una pérgola solar fotovoltaica instalada en el acceso al edificio del departamento de Ingeniería de la FACENA-UNNE. *Acta XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*. 2, págs. 04.111 - 04.118. Argentina: AVERMA.
- Cronemberg Ribeiro Silva, J. (2015). *Integración de sistemas fotovoltaicos de edificios de bajas latitud: estudio de balance energético aplicado a Brasil*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Czajkowski, J. & Gómez, A. (2009). *Arquitectura sostenible*. Buenos Aires: Clarín.
- D'Ascia, Silvio. (2014). Porta Susa TGV. <https://www.dascia.com/porta-susa-tgv-eng>.
- De Garrido, L. (2014). *Arquitectura Bioclimática Extrema*. Barcelona: Monsa.
- Debiazi Zomer, C. (2008). Usina solar fotovoltaica integrada a uma edificação urbana: o maior gerador solar do hemisfério sul. *Eco\_Lógicas: Concurso Catarinense de Monografias sobre Energias Renováveis e Eficiência Energética*.
- Department of Energy, U.S. (s.f.). *Solar Decathlon*. <https://www.solardecathlon.gov/>
- Dimarco, L. & Leiva, M. (1995). *Renovación y descentralización urbana*. Consejo Federal de Inversiones.
- Dirección Nacional de Asuntos Provinciales, Secretaría de Hacienda, Ministerio de Hacienda. (s.f.) Chaco: Informe Sintético de Caracterización Socio-Productiva.

- Disch, R. (s.f.). *Rolf Disch. Solar Architektur*. Obtenido de Rolf Disch. Solar Architektur: <http://www.rolfdisch.de>
- Echechuri, H., Ferraro, R. & Bengoa, G. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental. Entre el saber y la práctica*. Buenos Aires: Espacio.
- Edwards, B. (2008). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- El Diario de la República (18 de febrero de 2018). Finalizaron los arreglos en las 33 viviendas bioclimáticas.
- Ellul, J. (1960). *El siglo XX y la técnica: Análisis de las conquistas y peligros de la técnica en nuestro tiempo*. Barcelona: Labor.
- Energy Glass. (s.f.). <https://www.energyglass.gruppostg.com>.
- Escoria Oyola, O. (2010). *Manual para la Investigación. Guía para la formulación, desarrollo y divulgación de proyectos*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes. Escuela de Arquitectura y Urbanismo.
- Espina, M. (2007). Complejidad, transdisciplina y metodología de la investigación social. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 29-44.
- Evans, J. (2010). *Sustentabilidad en Arquitectura*. Buenos Aires: CPAU.
- Eyras, R. & Duran, J. (2013). Proyecto IRESUD: Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.
- Eyras, I., Durán, J., Parisi, F. & Eyras, R. (2016). Proyecto IRESUD: Primeros ejemplos de Energía Solar Fotovoltaica. *Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación ASADES* (págs. 13.01-13.10). Buenos Aires: ASADES.
- Eyras, I., Spain, C. & Zanetti, S. (2018). Energías renovables en viviendas sociales. Un proyecto de reurbanización del barrio 31, ciudad de Buenos Aires. *Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente* (pág. 3.35 a 3.42). Córdoba: ASADES.
- FENERCOM. (s.f.). *Guía de Integración Fotovoltaica*. Obtenido de Consejería de Economía y Hacienda. Madrid Solar. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-integracion-solar-fotovoltaica.pdf>
- Fernández, R. (2015). *Escenarios Energéticos Argentina 2015 - 2035: resumen y conclusiones para un futuro energético sostenible*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación AVINA.
- Fernández, R. (2000). *Ciudad Verde. Teoría de la Gestión Ambiental Urbana*. Buenos Aires: Espacio.
- \_\_\_\_\_ (2000, b). Ciudad, Arquitectura y la Problemática Ambiental. En E. Leef, *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. Siglo XXI.
- \_\_\_\_\_ (2013). *Inteligencia proyectual. Un manual de investigación en arquitectura*. Buenos Aires: Teseo.
- Fernández-Galiano, L. (1991). *El fuego y la memoria*. Madrid: Alianza.

- Firman, A. (2014). *Estudio y determinación de la capacidad de generación eléctrica de sistemas fotovoltaicos conectados a red en condiciones reales de operación*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Salta, Doctorado en Energías Renovables, Salta.
- Fiscarelli, D. (2018). Aspectos cualitativos de la vivienda de interés social: Aproximaciones teóricas desde la complejidad del proyecto. Página 32. *ARQUISUR Revista*, 13 (13), 32 - 43.
- Francisco. (2015). *Laudato Si'. Carta Encíclica sobre el cuidado de la casa común*. Buenos Aires: Paulinas.
- Freiburg-vauban. (s.f.). Welcome to the privately run website [freiburg-vauban.de](https://www.freiburg-vauban.de)  
<https://www.freiburg-vauban.de>
- Friscknecht, R., Itten, R., Sinha, P., de Wild-Scholten, M., Zhang, J., Fthenakis, H. & Stucki, M. (2015). *Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems*. International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-04:2015.
- Galiano, F. (1991). *El fuego y la memoria. Sobre arquitectura y energía*. Madrid: Alianza.
- Ganem, C. & Esteves, A. (2006). Traditional climate-adapted typologies as a base for a new contemporary architectural approach. *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. (págs. 6-8). Geneva, Switzerland: PLEA2006.
- García, R. (2007). *Sistemas Complejos*. Buenos Aires: Gedisa.
- Garganta, M. L. & San Juan, G. (2012). Análisis del Comportamiento Energético Y Ambiental de la producción de Viviendas Sociales en la Provincia de Buenos Aires (2003-2011). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16.
- Garrido, S., Lalouf, A. & Thomas, H. (2011). Resistencia y adecuación socio-técnica en los procesos de implementación de tecnologías. Los dispositivos solares en el Secano de Lavalle. *AVERMA*, 15, 12.01-12.10.
- Garrido, S., Lalouf, A. & Moreira, A. (2014). Tecnologías para la inclusión social y dinámicas desarrollo sostenible. Análisis socio-técnico de experiencias de desarrollo local basadas en el aprovechamiento de energías renovables. *Astrolabio*.
- Garrido, S. & Lalouf, A. (2016). Desarrollar energías renovables / renovar estrategias de desarrollo. Elementos para la construcción de nuevas políticas de intervención orientadas a dinámicas de inclusión social y desarrollo sostenible. En H. y. Thoma, *Tecnologías para incluir. Ocho análisis sociotécnicos orientados al diseño estratégico de artefactos y normativas*. Buenos Aires: Lenguaje Claro.
- GCT arquitectes. (2008). *Edifici d'aparcament soterrat i Parc de Les Basses de Sant Pere Sant Just Desvern*. <http://gctarquitectes.com/portfolio-posts/aparcament-soterrat-i-parc/>
- Gervasi, M. (2010). *Friburgo Alemania. Ecobarrio de Vauban*. Coimbra: Observatorio de ciudades inclusivas. Comisión de Inclusión Social, Democracia, Participación y Derechos Humanos de la CGLU. .
- Gonzalo, G. (1998). *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Tucumán: Imprenta Arte Color, Chamaco.

- Gore, A. (2006). *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*. Barcelona: Gedisa.
- Gubinelli, G. (29 de Junio de 2018). *Santa Fe sorprende con su nuevo plan Prosumidores: permitirá a usuarios conectar hasta 300 kW de energía renovable*. Obtenido de Energía Estratégica: <http://www.energiaestrategica.com/santa-fe-sorprende-con-su-nuevo-plan-prosumidores-permitira-a-usuarios-conectar-hasta-300-kw-de-energia-renovable/>
- \_\_\_\_\_ (5 de octubre de 2018). *Energía Estratégica*. Obtenido de El Chaco pone en duda su adhesión a la Ley nacional de generación renovable distribuida: <http://www.energiaestrategica.com/el-chaco-pone-en-duda-su-adhesion-a-la-ley-nacional-de-generacion-renovable-distribuida/>
- \_\_\_\_\_ (11 de enero de 2019). *Generación Distribuida: en 20 días vence la línea de créditos para la adquisición de fuentes renovables*. Obtenido de Energía Estratégica: <http://www.energiaestrategica.com/generacion-distribuida-en-20-dias-vence-la-linea-de-creditos-para-la-adquisicion-de-fuentes-renovables/>
- Hegger, Hegger, Schleiff, Architekten. (2010). *Solar-Akademie*. <https://www.hhs.ag/projekte.html?projekt=solar-akademie&typologie>.
- Hawken, P., Lovins, A. & Lovins, H. (1999). *Capitalismo Natural. Creando la próxima Revolución Industrial*. San Pablo: Cultrix – Amana Key.
- Hernandez Sampieri, R. F. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- IRAM 11603. (2011). *Acondicionamiento Térmico de Edificios: Clasificación Bioclimática de la República Argentina*. Buenos Aires: Instituto Argentino de de Normalización y Certificación.
- IRAM 11900. (2017). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación .
- IRAM 11930. (2010). *Construcción Sostenible. Principios Generales*. Buenos Aires: Instituto Argentino de de Normalización y Certificación.
- IRENA. (2018). *Renewable Powe Generation Cost in 2017*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRESUD. (s.f.). *Instalaciones*. <https://www.iresud.com.ar/installaciones>
- ISO 14.040. (1997). *Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and framework*.
- Jardim, C. (2007). *A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno*. Programa de PósGraduação em Engenharia Civil. Santa Catarina: Universidad Federal de Santa Catarina.
- Kuchen, E., Fisch, N., Gonzalo, G. & Nozica, G. (2011). Predição do índice de desconforto térmico em espaços de escritório. *Ambiente Construido*, 39.
- Ladriere, J. (1978). *El reto de la racionalidad*. París: UNESCO.
- Lamigueiro, O. (2013). *Energía solar Fotovoltaica*. Obtenido de <http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.

- \_\_\_\_\_ (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale Welt*, 4(47), 369-381.
- \_\_\_\_\_ (2001). *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Gedisa.
- \_\_\_\_\_ (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. New York: Oxford University Press.
- \_\_\_\_\_ (2017). *Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Universidad.
- Law, J. (2000). *Network relation cyborgs: on the social study of technology*. Centre for Science Study. Lancaster: Lancaster University.
- Leonard, A. (2010). *La Historia de las Cosas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Lepratte, L. (2014). Complejidad, análisis sociotécnico y desarrollo. Hacia programas de investigación convergentes entre los estudios sociales de la tecnología y la economía de la innovación y el cambio tecnológico. *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 20 (38), 41 a 98.
- Ley N° 26.190 (2006).
- Ley N° 27.191 (2015).
- Ley N° 27.424 (2017). Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.
- López Cerezo, J. & Luján, J. (1998). Filosofía de la Tecnología. (J. López Cerezo, J. Luján, & E. García Palacios, Edits.) *Teorema*, XVII(3).
- López, S. & Lill, M. (s.f.). *Guía de integración solar fotovoltaica*. Madrid: Consejería de Economía y Hacienda y Fundación de la Economía de la Comunidad de Madrid.
- Loredo Narciandi, J. C. (2009). ¿Sujetos o "actantes"? El constructivismo de Latour y la psicología constructivista. *Revista de Antropología Iberoamericana*, 113-136.
- Lorenzo, E. (s.f.). *La energía que producen los sistemas fotovoltaicos conectados a la red: el mito del 1300 y "el cascabel del gato"*. Universidad Politécnica de Madrid, Instituto de Energía Solar, Madrid.
- Maado, Arquitectos (2003). *Edificio de Oficinas, Hotel y Centro Comercial "Garena Plaza". Alcalá De Henares (Madrid)*. <http://maado.es/portfolio/edificio-de-ofinas-hotel-y-centro-comercial-garena-plaza-alcala-de-henares-madrid>
- Manoiloff, R. (2000). Carácter del movimiento natural de la población del Gran Resistencia en 1970, 1980 y 1990. Geografica Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Humanidades(13).
- Martínez Lapeña, J. & Torres, E. (2004). Forum 2004 Esplana de Barcelona, Spain. [http://arquitectes.coac.net/jamlet/projects/01\\_publicspace/PS17/index.html](http://arquitectes.coac.net/jamlet/projects/01_publicspace/PS17/index.html)
- Meinhold, B. (04 de 08 de 2011). *Ray Kappe-Designed Santa Monica LivingHomes Was Installed In An Amazing 8 Hours*. Obtenido de InHabitat: <https://inhabitat.com>

- Ministerio de la Producción. (2019). *Red Meteorológica Provincial*. Provincia del Chaco. <http://www.clima.produccion.chaco.gov.ar/clima/graficos.php>
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación. (2018). *Manual de la Vivienda Sostenible*. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- \_\_\_\_\_ (2017). *Resolución 9-E: Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social*. Buenos Aires: Secretaría de Vivienda y Hábitat .
- Mitcham, C. (1997). Justifying Public Participation in Technical Decision Making. *Technology and Society Magazine*, 40-46.
- \_\_\_\_\_ (1998). The importance of Philosophy to Engineering. *Teorema*, XVII (3).
- Mitchell, J. & Arena, A. (2000). Evaluación Ambiental Comparativa de Materiales Mampuestos Aplicados en Muros de Viviendas en Regiones Áridas Andinas. Vol. 4. Argentina. ISSN 0329-5184. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, 4.
- Moragues, J. A. (29 de noviembre de 2017). *¿Como fueron las políticas nacionales en energías renovables de los últimos 40 años?* Recuperado el 14 de noviembre de 2018, de Energía Estratégica: <http://www.energiaestrategica.com/fueron-las-politicas-nacionales-energias-renovables-los-ultimos-40-anos/>
- Morante Trigoso, F. (2004). *Demanda de Energia Eléctrica e desenvolvimento socioeconômico: o caso das comunidades rurais eletrificadas com sistemas fotovoltaicos*. Universidade de San Pablo, Programa de Interunidades de pos-graduação em energia. San Pablo.
- Morin, E. (1998). *El método, el conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- \_\_\_\_\_ (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Moura da Souza Barbosa, E., Candeias, A., Tiba, C. & Castro Vilela, O. (2010). Metodologia de avaliação do potencial de sistemas fotovoltaico conectado a rede em centros urbanos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14.
- Mumford, L. (1970). *El mito de la máquina*. Buenos Aires: Emecé.
- \_\_\_\_\_ (1971). *Técnica y civilización*. España: Alianza Universidad.
- Nahoum, B., Bozzo , L. & Abbadie, L. (2018). Hábitat y vivienda social: proyecto, producción, acceso y uso. Dos estudios para el caso Uruguay. *ARQUISUR Revista*(13), 96 - 107.
- Ochoa di Masi, B. (2018). *Alcance de un modelo de Generación Distribuida de energías renovables integrada a la red eléctrica pública en la República Argentina*. Buenos Aires: Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. Instituto Tecnológico de Buenos Aires – ITBA.
- Organización de las Naciones Unidas. ONU. (1987). *Nuestro futuro común (Informe Brundtland), Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo presidida por Gro Harlem Brundtland*. Nueva York: Naciones Unidas.
- \_\_\_\_\_ (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Origlia, G. (14 de enero de 2016). *La Nación* . Recuperado el 2018, de La Nación : <https://www.lanacion.com.ar/1860196-san-luis-tiene-el-primer-barrio-bioclimatico-de-la-argentina>

- Ortega y Gasset, J. (1982). *Meditación de la Técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Madrid: Allianza.
- OVACEN, Periodismo al detalle. (s.f.). *Qué haremos con todos los paneles solares cuando terminen su vida útil*. <https://www.ovacen.com/paneles-solares-vida-util/>
- Pastorelli, G. (2010). *Centro Tecnológico Palmas Altas / Rogers Stirk Harbour & Partners - Vidal y Asociados arquitectos*. Obtenido de Plataforma Arquitectura : <http://www.plataformaarquitectura.cl>
- Paula, C. (2004). *Geração distribuída e cogeração no setor elétrico: avaliação sistêmica de um plano de inserção incentivada*. Universidade de São Paulo, Programa Interunidades de PósGraduação em Energia PIPGE/USP, São Paulo.
- Peralta Sánchez, A. (2003). La noción de ambivalencia de la técnica. En J. Ellul, *Sistemas y Telemática* (págs. 91-105). Universidad ICESI.
- Pesci, R., Perez, J. & Pesci, L. (2007). *Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad*. Argentina: Colección sostenible 02. CEPA.
- Photon, R. (2012). Revista N° 6.
- Piano, R. (s.f.). *Intesa San Paolo, Office-building*. <http://www.rpbw.com/project/intesa-sanpaolo-office-building>
- Pilar, C. (2003). *Una mirada Ambiental al proceso de producción de hábitat urbano. Análisis ambiental de materiales y técnicas constructivas adoptadas en las políticas de viviendas de interés social, en la ciudad de Resistencia*. Resistencia: Tesis de Maestría. FAU UNNE.
- \_\_\_\_\_ (2017). Casos de integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos. Un abordaje matricial desde las formas, los usos y los significados. *ARQUISUR REVISTA* (11), 80 a 92.
- \_\_\_\_\_ (2018). El sol como inspiración del diseño biomimético. *ARQUITECNO* (11), 77 a 86.
- Pilar, C. & Jacobo, G. (2004). Análisis ambiental del proceso de producción de hábitat urbano en conjuntos habitacionales de interés social construidos mediante operatorias oficiales en la ciudad de Resistencia. *Área Digital*.
- Pilar, C., Roibón, M. & Vera, L. (2017). Acercando las energías renovables a la comunidad. Instalación de cargadores solares para dispositivos móviles en la región NEA. *ADNea. Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino*, 5(5), 151 a 162.
- Pilar, C., Vera, L. & Roibón, M. (2017). Patio solar en el campus de la reforma universitaria. Primer Sistema Fotovoltaico Conectado a Red de la provincia del Chaco. *ARQUITECNO*, 10 (10), 100 a 107.
- \_\_\_\_\_ (2018). Diseño, fabricación y montaje de equipamientos urbanos solares. Acercando las energías renovables a la comunidad. *ASADES Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*. Córdoba: AVERMA.
- Planho (2010). *Genyo, Laboratorios*. <http://planho.com/portfolio/genyo-centro-genomica-e-investigacion-oncologica/>

- Portolan dos Santos, I. (2008). *Avaliação do potencial de telhados solares em residências*. Eco\_Lógicas: Concurso Catarinense de Monografias sobre Energias Renováveis e Eficiência Energética, Instituto IDEAL, Florianópolis.
- Prieto, E. (2011). La sostenibilidad toma el mando. En *La arquitectura de la ciudad global: redes, no-lugares, naturaleza*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- \_\_\_\_\_ (2013). La culture du bien-être. Les poetiques du confort dans l'architecture des XIXeme et XXeme siècles. En F. Graf, *Les dispositifs du confort*. Lausana: Presses Universitaires Romandes.
- \_\_\_\_\_ (2014). *Máquinas o atmósferas. La estética de la energía en la arquitectura, 1750-2000*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid.
- PV Cycle (s.f.) <http://www.pvcycle.org>
- PVS in Bloom. (2018). *PVS IN BLOOM. Seminarios de formación para técnicos de entidades locales. Introducción a la Tecnología Fotovoltaica*. Obtenido de <https://docplayer.es/12512522-Pvs-in-bloom-seminarios-de-formacion-para-tecnicos-de-entidades-locales-introduccion-a-la-tecnologia-fotovoltaica.html>
- Quezada, C. & Pérez Comisso, M. (2016). De telegrafía sin hilos a radiodifusión: Apropiación tecnológica de la radio en Chile, 1901-1931. *REVISTA DE HISTORIA IBEROAMERICANA*, 103 a 125.
- Rampinelli, G., Krenzinger, A., Prieb, C. & Buhlers, A. (2013). Implantação de Sistemas de geração distribuída com telhados fotovoltaicos no sul do Brasil. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. REN 21. (2018). *Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Riechmann, J. (2006). *RIBiomimesis: un principio para transformar la relación entre naturaleza y sociedad. Biomimesis. Sobre imitación de la naturaleza ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Libros de la Catarata.
- 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 Sostenibles de Energía* (págs. 11-161). Mar del Plata: HYFUSEN.
- Rodriguez Gamez, M., Vázquez Pérez, A., Castro Fernández, M. & Vilaragut Llanes, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, Vol. XXXIV(3), 247 – 259.
- Roibon, M., Pilar, C. & Vera, L. (2015). Diseño de una patio urbano para la instalación experimental fotovoltaica en el el Campus de la Reforma Universitaria - UNNE. *ADNea Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino*, 3 (3), 161 a 169.
- Rogers, Stirk, Harbour + Partners. (2009). *Campus Palmas Altas*. <https://www.rsh-p.com/projects/campus-palmas-altas/>
- Rüther, R. (2004). *Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil*. Florianópolis: Ed. Da UFSC / Labsolar.

- Rüther, R., Knob, P., Jardim, C. & Rebechi, S. (2008). *Potential of building integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in Brazil*. Energy Conversion and Management.
- Sábato, J. & Botana, N. (1975). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. En J. Sábato, *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia - tecnología - desarrollo - dependencia* (págs. 143-154). Buenos Aires: Paidós.
- Samaja, J. (1995). *Epistemología y Metodología: elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba.
- \_\_\_\_\_. (2002). *Diseño, Proceso, Proyecto en la investigación científica*. Buenos Aires: JVE Psique.
- Sánchez Pacheco, C. (2010). *Sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano. Trabajo Final del Master Oficial “Tecnología de los sistemas de energía solar fotovoltaica”*. . Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía.
- Scavone, G. (2002). *Cómo se escribe una tesis*. Buenos Aires: La Ley. Fondo Editorial de Derecho y Economía.
- Scornik, C. (1998). *Diagnóstico Urbano Expeditivo del Área Metropolitana del Gran Resistencia*. . Resistencia: SUPCE-SUCCE.
- Scornik, C. & Petrovic, G. (2012). Consideraciones sobre el proceso de metropolización del Gran Corrientes-Gran Resistencia. *Cuaderno Urbano*, 175-191.
- Secretaría de Energía. S.E. (2018). *Resolución 314*. Buenos Aires: Secretaría de Energía de la Nación.
- Serrani, E. (2018). *Alternativas energéticas para Chaco*. Resistencia: Escuela de Gobierno de la Provincia del Chaco.
- Sick, F. & Erge, T. (1996). *Photovoltaics in buildings: a design handbook for architects and engineers*. Hardcover.
- Solargis. (2017). *Solar resource data*. Banco Mundial. Obtenido de <https://solargis.com>
- Tavares Pinho, J. (2014). *Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Río de Janeiro: CEPEL - CRESESB.
- Terrapon, P. J., Dienst, Carmen , C. & Ortiz, W. (2014). A cross-sectional review: Impacts and sustainability of small scale renewable energy projects in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1-10.
- Thomas, H., Becerra, L. & Davyt, A. (2013). Repensar el desarrollo y el cambio tecnológico. De la crítica conceptual a la. *Conferencia Internacional LALICS*. Río de Janeiro.
- Thomas, H., Fressoli, M. & Santos, G. (2012). *Tecnología, Desarrollo y Democracia. Nueve estudios sobre dinámicas sociotécnicas de exclusión/inclusión social*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.
- Toffler, A. (1980). *La tercera ola*. Colombia: Plaza y Janes Editores.
- Torres Cano, M., Dimarco, J., Dimarco, L., Leiva, M. & Presman, I. (2001). *Rehabilitación de conjuntos habitacionales*. Mar del Plata: UNMP.

- Trebolle Trebolle, D. (2006). *La Generación Distribuida en España*. Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- UBA. (2019). *Índice Provincial de Atractivo Renovable (IPAR)* . Buenos Aires: Facultad de Ciencias Económicas.
- Villalonga, J. (2013). *Energías renovables: ¿por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?* Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación AVINA Argentina.
- Vitruvio, M. L. ((I A.C.) edición 1997). *Los diez libros de la arquitectura*. Barcelona: Iberia SA.
- Wertheimer, M. (Noviembre de 2017). La naturaleza no existe. Reseña de “Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas”, de Bruno Latour. *Quid. Revista del Área de Estudios Urbanos del Instituto de Investigaciones Gino Germani de la Facultad de Ciencias Sociales de la UBA*(7), 218-225.
- Ynoub de Samaja, R. (2007). *El proyecto y la metodología de la investigación*. Buenos Aires: Cengage Learning.



Arquitecta (FAU – UNNE). Doctora en Arquitectura (UNL).

Magíster en Gestión Ambiental, Especialista en Docencia Universitaria. Especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica.

Profesora Titular de la Facultad de Ingeniería de la UNNE.

Directora de carreras de posgrado y Vicedirectora del Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu) de la FAU UNNE.

Editora de la Revista ARQUITECNO.



## Ediciones del ITDAHu

Av. Maipú 228 – (3400)  
Corrientes (Rep. Argentina)

