

## **Dificultades de la integración de las energías alternativas a la arquitectura.**

*Silvina Angiolini<sup>1,3</sup>, Lisardo Jerez<sup>1,2</sup>, Ana Pacharoni<sup>1,2</sup>, Pablo Avalos<sup>1,2</sup>,  
Mariana Gatani<sup>1,2,4</sup>, Daniela Bracco<sup>5</sup>*

### **Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo profundizar el estudio de energías alternativas y sus posibilidades de aplicación en el diseño de viviendas en la Ciudad de Córdoba. Para ello se desarrolla el estudio a partir de encuestas a Usuarios que disponen de colectores solares en viviendas ubicadas en zonas periurbanas a la misma, se realiza el análisis de las tecnologías disponibles en el mercado, se evalúa la eficiencia en diferentes orientaciones y se comparan las tarifas actuales de las energías convencionales frente a la inversión para la incorporación de paneles solares. Los resultados revelan que la tecnología disponible en el mercado local es limitada, los diseñadores encuentran algunas dificultades en la incorporación de estos nuevos elementos al proceso de diseño y se genera un cambio de hábitos en los Usuarios. El uso de energías renovables para el calentamiento de agua en viviendas tiene un costo amortizable en corto plazo y debe integrarse adecuadamente en el proceso de diseño a la arquitectura en razón del rendimiento favorable por las condiciones climáticas de la Ciudad de Córdoba.

**Palabras clave:** viviendas; paneles solares; ahorro energético.

---

<sup>1</sup>Integrantes del Grupo de Investigación: "Tecnología Sustentable en Córdoba. Energía solar, fotovoltaica y colectores para agua; y su aplicación en arquitectura". 2014/2015 - SECyT – UNC – FAUD - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 264, Córdoba, Tel.: 54-351-4332096, fax: interno 133 - [www.faudi.unc.edu.ar](http://www.faudi.unc.edu.ar)

<sup>2</sup>Profesores Asistentes FAUD. UNC. - <sup>3</sup>Profesora Adjunta FAUD. UNC. - <sup>4</sup>Directora de Equipo. Investigadora CONICET.

<sup>5</sup>Arquitecta Colaboradora.

## Difficulties for the integration of alternative architecture energy.

### Abstract

This work aims to deepen the study of alternative energies and their potential applications in the design of housing in the city of Córdoba. This develops the study from surveys to users that they have solar collectors in homes located in peri-urban areas to it, is the analysis of the technologies available on the market, it evaluates efficiency in different orientations and compare the current rates for conventional energies over investment for the incorporation of solar panels. The results reveal that the technology available in the local market is limited, designers are some of the difficulties in the incorporation of these new elements to the design process and a change of habits is generated in users. The use of renewable energy for water heating in homes has a depreciable cost in the short term and must be properly integrated in the process of design because of the favorable performance by the climatic conditions of the city of Córdoba.

**Keywords:** housing; solar panels; energy saving.

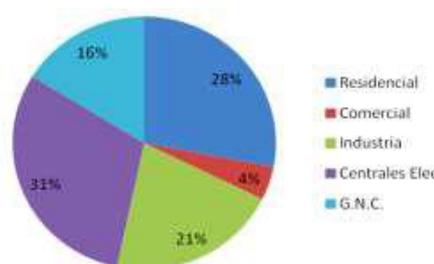
### 1. - Introducción

Ante el actual problema energético causado por el uso de fuentes no renovables, como es el caso del gas natural para el uso de calentamiento de agua en viviendas, se hace necesario buscar alternativas que posibiliten reducir su consumo mediante la utilización de energías renovables, ya que el uso de agua caliente constituye un consumo energético significativo en una vivienda teniendo en cuenta su utilización diaria en el lavado de vajilla, limpieza e higiene personal.

En los países en desarrollo este consumo constituye entre el 30% y 40% del consumo de energía de un hogar, este porcentaje es mayor que en los países desarrollados donde el consumo de energía para producir agua caliente sanitaria se supone del 26% del consumo total de la vivienda (Placco et al 2008).

En la Ciudad de Córdoba según datos de INDEC (2011) solo el 70% de los hogares cuentan con gas natural, la ciudad que se extiende con baja densidad (Gatani et al 2013) sólo llegan a los nuevos sectores residenciales redes de electricidad y agua potable. Del total de gas natural que se consume en Córdoba (Figura 1) se distribuye el 31% para generar electricidad, 28% para uso residencial, 21% para uso industrial y 16% en transporte. De lo que resulta que un tercio aproximadamente es para el funcionamiento de los edificios: para calefacción en período invernal, cocción de alimentos, agua caliente para uso sanitario. Otro tercio se utiliza en la producción de electricidad para generar energía con centrales térmicas.

**Figura 1:** Consumos de gas natural en la Provincia de Córdoba



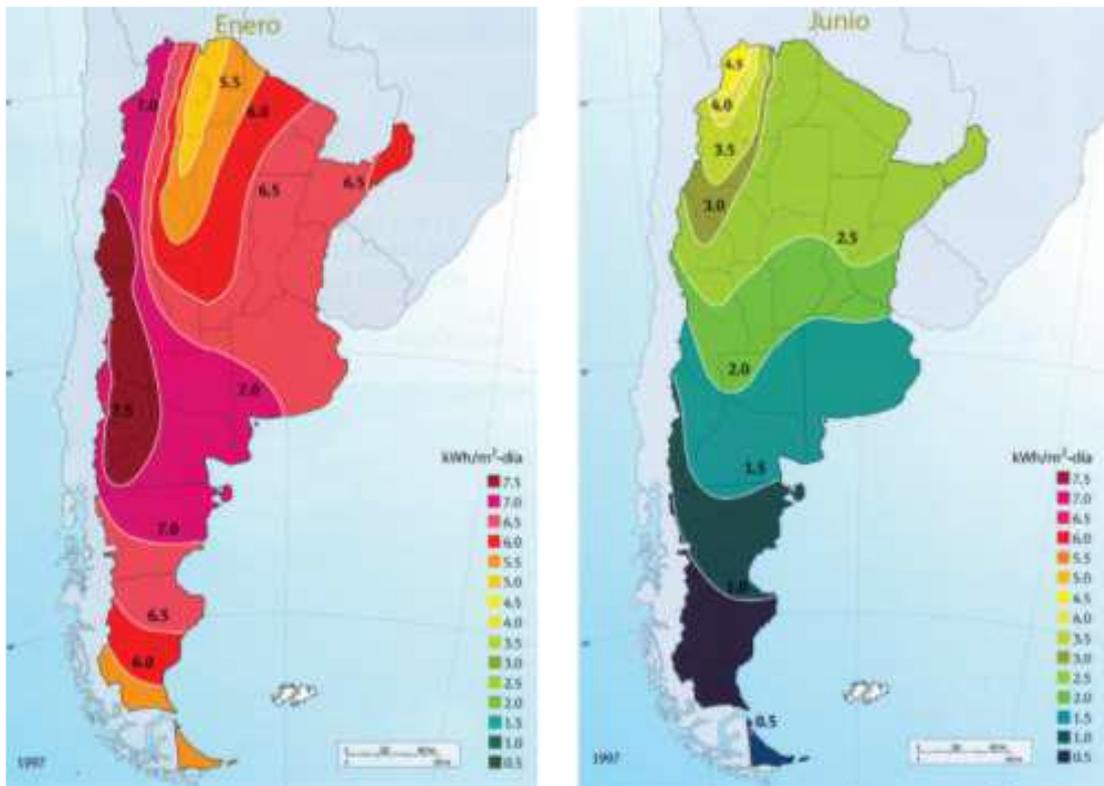
Fuente: Enargas 2013.

Existe ordenanza municipal nro. 12.302/14 en el ámbito de la Ciudad de Córdoba que regula la incorporación de energía solar para edificios y reparticiones públicas dependientes de la municipalidad de Córdoba que tiene como objetivo concientizar e incentivar a la población a adoptar en las viviendas sistemas de captación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria para consumo y calefacción con el propósito de reducir el consumo de energía.

En toda la extensión de la Argentina existe una variedad grande de climas, condiciones y situaciones ambientales que brindan distintos recursos naturales que se pueden disponer. La figura 2 presenta la distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria recibida en los diferentes meses del año en el país en la que se observa una importante variabilidad temporal y espacial de los promedios mensuales. Solamente una pequeña franja del noroeste del país (parte occidental de las provincias de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja y San Juan) presenta irradiación alta que supera los 5 kWh/m<sup>2</sup>-día con posibilidades de aprovechamiento en proyectos de potencia.

Según los estudios de radiación solar en Argentina de Grossi Gallegos y Righini gran parte de la superficie del país, en la cual se encuentra incluida la provincia de Córdoba presenta irradiación solar global diaria que permite su aprovechamiento en proyectos de generación eléctrica de baja potencia y en calentamiento de agua.

Figura 2: Radiación solar en Argentina.



Fuente: H. Grossi Gallegos y R. Righini "Atlas de energía solar de la República Argentina" Universidad Nacional de Luján. Secretaría de Ciencia y Tecnología Buenos Aires, Argentina 2007.

## 2. - Objetivo

El trabajo tiene como objetivo profundizar el estudio de energías alternativas y sus posibilidades de aplicación en el diseño de viviendas en la Ciudad de Córdoba.

## 3. - Metodología

Se trabajó con el análisis de casos de estudio, viviendas unifamiliares ubicadas en zonas periurbanas a la Ciudad de Córdoba, sector noroeste de la trama urbana que carecen del servicio de gas natural y que utilizan la energía solar para el calentamiento del agua. La metodología empleada permitirá conocer las tecnologías actuales que se comercializan y su adaptabilidad en el plano y orientación más eficiente para la Ciudad de Córdoba. Las principales etapas metodológicas son:

- a) Relevamiento y análisis de tecnologías para el calentamiento de agua solar disponibles en el mercado local.
- b) Encuesta a Usuarios que disponen de colectores solares.
- c) Evaluación de datos de la Ciudad de Córdoba sobre energía solar disponible para el funcionamiento eficiente de los colectores: heliofanía relativa, heliofanía efectiva horas, tablas de radiación solar en planos verticales y plano horizontal (W/m<sup>2</sup>).
- d) Evaluación y comparación de la eficiencia del sistema de calentamiento de agua en distintas orientaciones y estaciones: verano e invierno. Para ello se analizan los valores de radiación solar horaria en planos horizontales, verticales e inclinados, y simulación mediante Programa Ecotec.
- e) Evaluación económica. Para ello se comparan las tarifas actuales de las energías convencionales frente a la inversión para la incorporación de paneles solares.

## 4.- Resultados

- a) Tecnologías disponibles en la Ciudad de Córdoba.

Actualmente el sistema más utilizado es el de colectores de tubos de vidrio al vacío de flujo directo de alta tecnología que absorben la radiación solar directa y difusa que se comercializan en forma integrada que incluye el colector y tanque de almacenamiento de agua caliente en una sola unidad (Figura 4). El sistema consiste en una matriz de tubos de vidrio de dos capas sellados entre los cuales se crea un semi-vacío. Cada tubo de vidrio se encuentra conformado por una doble pared de dos tubos de vidrio (Figura 3). El tubo exterior transparente de alta resistencia hecho de borosilicato capaz de resistir el impacto de granizo, y uno interior o tubo de absorción recubierto con una capa especialmente diseñada de color oscuro que se calienta con los rayos del sol que atraviesan el tubo exterior transparente, absorbiendo la energía solar e inhibiendo la pérdida de calor radiante, calentando el agua a temperaturas que alcanzan los 120 grados.

El tubo exterior cubre al primero y sella al vacío el espacio entre ambos tubos con lo cual se elimina la pérdida de calor convectivo y conductivo, asegurando que parte de la radiación absorbida por el tubo interior se transfiera al agua que circula dentro de él y parte se transfiera radiativamente al vidrio del tubo exterior. El equipo puede equiparse con una resistencia eléctrica y un controlador digital para calentar el agua automáticamente. También existe la posibilidad de vincular el equipo

solar con sistemas convencionales a un termotanque ya instalado para que actúe de reserva y asegurar la obtención de agua caliente a toda hora.

El tanque de almacenamiento de agua caliente se comercializa en distintas capacidades dependiendo de la cantidad de personas que habita la vivienda. Se calcula un consumo de 60 litros por persona.

Es una opción económica al no utilizar bombas y la circulación de agua se realiza por medio de la gravedad a través del colector por efecto termosifón. El sistema se presenta montado en una estructura metálica con un ángulo de inclinación a 45°.

**Figura 3.** Detalle tubo de vidrio.



Fuente: website <http://www.termosol.com.ar>

**Figura 4.** Vista de colector solar.



Fuente: website <http://www.termosol.com.ar>

Hay otro sistema llamado colector de vacío con tubo de calor (heat pipe) (figura 5) que tienen mayor eficiencia y son aptos para calefacción además de agua caliente. Son sistemas utilizados en aquellos lugares donde se requiere altos niveles de presión de agua ya que poseen un colector presurizado.

El principio de funcionamiento se basa en transportar vapor como fluido que no sale del interior del tubo, evaporándose al calentarse por efecto de la energía solar recibida, ascendiendo hasta el intercambiador ubicado en el extremo superior del tubo. Una vez allí, se enfría y vuelve a condensarse al encontrarse a una temperatura inferior, originando que el vapor se condense y retorne a su estado líquido transportándose a la parte inferior del tubo por efecto de la gravedad, lugar donde recibe radiación solar y vuelve a evaporarse repitiéndose el ciclo (Figura 6).

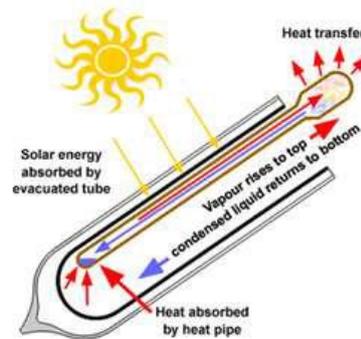
Este sistema tiene como ventaja que en el período estival de los climas cálidos una vez evaporado todo el fluido del tubo, éste absorbe mucho menos calor por lo que es más difícil que los tubos se deterioren; y pierden menos calor durante la noche, ya que la transferencia de calor, a diferencia de los tubos de vidrio al vacío de flujo directo, sólo se produce en una dirección.

**Figura 5.** Vista de colector solar.



Fuente: website [http:// www.esol.cl](http://www.esol.cl)

**Figura 6.** Detalle tubo de calor heat pipe.



Fuente: website: [http:// www.esol.cl](http://www.esol.cl)

## b) Encuesta a Usuarios

En relación al grado de satisfacción de la tecnología disponible en el mercado local se realizó una entrevista a grupos familiares compuestos entre 3 a 5 personas. En la misma se formularon preguntas referidas a: cambio de hábitos en el uso de agua caliente, integración en el diseño de la vivienda, economía en el uso, mantenimiento para su funcionamiento, costos.

Los propietarios reconocen cambios de hábitos en el uso de agua caliente fundamentalmente en la época de invierno en horas del mediodía en las cuáles se alcanza la temperatura deseada. En época de verano como alcanza altas temperaturas por la intensa radiación solar sea hace necesario mezclar con agua fría.

En su gran mayoría las familias coinciden en que el colector solar no se encuentra integrado al diseño de la vivienda ya que en ninguno de los casos ha sido incorporado en la etapa de diseño sino que fue agregado a posteriori. Coinciden asimismo en haber efectuado una inversión inicial no significativa que se compensa en el menor uso del gas envasado.

En cuanto al aspecto económico los usuarios recomiendan su uso fundamentalmente por el ahorro que genera con respecto a otros artefactos que utilizan para el calentamiento del agua a gas envasado.

Los usuarios reconocen como ventaja la ausencia de mantenimiento en el funcionamiento del sistema y manifiestan tener que utilizar un sistema complementario para calentamiento extra necesario en época invernal en aquellos días con alta nubosidad utilizándose una resistencia alimentada mediante energía eléctrica.

**Figura 7.** Caso de estudio vivienda con uso de colector solar



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

**Figura 8.** Caso de estudio vivienda con uso de colector solar.

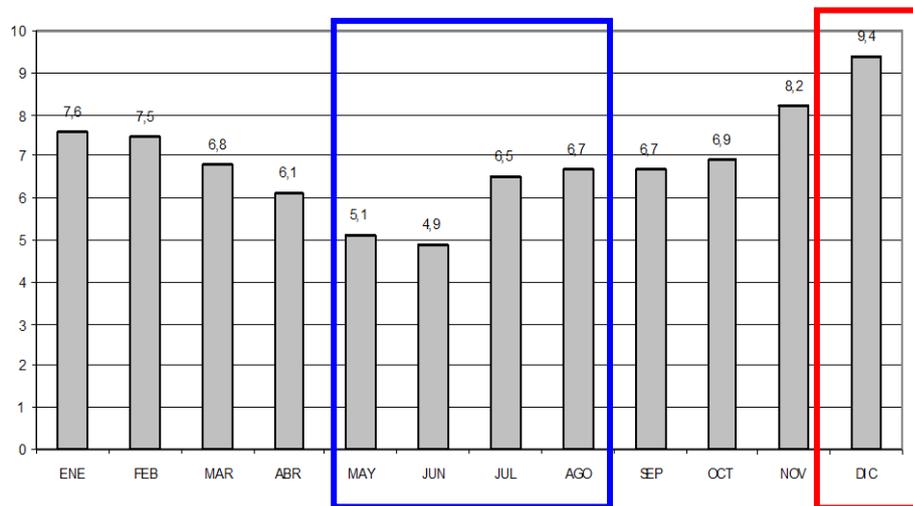


Fuente: Fotografía tomada por el autor.

**c) Evaluación de datos disponibles para la Ciudad de Córdoba. (Latitud 31° 19''S-Longitud 64° 13'' O)**

La figura 9 representa el número de horas reales de insolación diaria. Los resultados demuestran que en los meses de invierno (mayo, junio, julio y agosto) se cuenta con una heliofanía efectiva de entre 4,9 y 6,7 horas y en el mes de diciembre con mayor altura de sol se cuenta con una heliofanía efectiva de 9,4 horas.

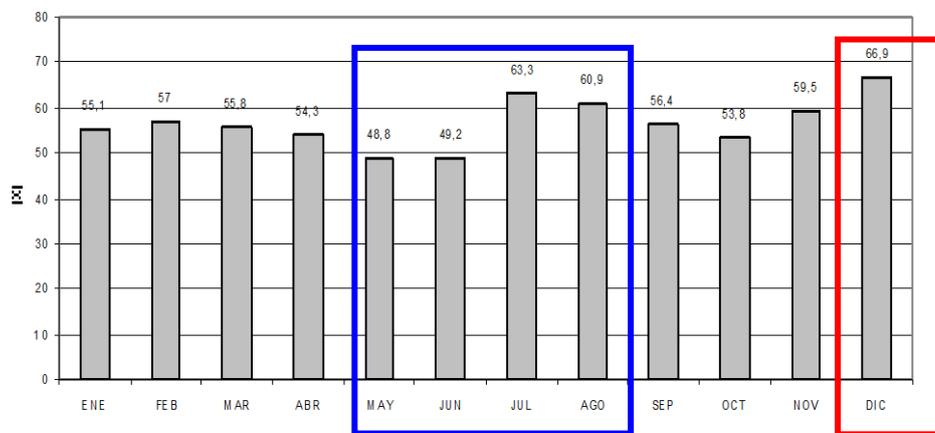
**Figura 9.** Heliofanía efectiva horas



Fuente: Gráfico obtenido CEEMA

“Heliofanía relativa: relación entre el número de horas reales de insolación (heliofanía) y el número máximo posible de insolación en cada fecha”. (Figura 10). Los resultados establecen, considerando los meses de temperaturas bajas que se cuenta con una heliofanía relativa alta en ellos, principalmente en julio con un 63,3 % y en agosto con 60,9 %, lo que facilita la ganancia energética para el calentamiento de agua. En los meses de temperaturas altas en diciembre, con intensa radiación solar, también se cuenta con una heliofanía relativa alta: 66,9 %.

**Figura 10. Heliofanía relativa**



Fuente: Gráfico obtenido CEEMA

Se evalúan datos de valores de radiación horaria en distintas orientaciones y planos (vertical y horizontal) según Tablas 1, 2 y 3. Los resultados demuestran que en verano el plano horizontal, de mayor incidencia de radiación solar recibe 32.000 MJ/m<sup>2</sup> día. Entre los planos verticales, en período invernal el que recibe mayor radiación solar es la orientación norte con un valor de 16.906 MJ/m<sup>2</sup> día y en período estival los planos con orientación este y oeste con un valor de 13.311 MJ/m<sup>2</sup> día.

Valores radiación horaria en distintas orientaciones (MJ/m<sup>2</sup> día)

**Tabla 1. Pl. Vertical verano**

Hora	norte	sur	este	oeste
5	15	42	32	4
6	24	165	393	10
7	33	198	650	18
8	45	152	767	27
9	56	56	695	40
10	130	42	551	50
11	180	33	330	62
12	201	30	70	70
13	180	33	62	330
14	130	42	50	551
15	56	56	40	695
16	45	152	27	767
17	33	198	18	650
18	24	165	10	393
19	15	42	4	32
	3.401	4.836	13.311	13.311

**Tabla 2. Pl. Vertical invierno**

Hora	norte	sur	este	oeste
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	22	5	45	0
8	235	16	508	12
9	420	22	689	20
10	581	30	610	32
11	692	35	382	50
12	730	42	72	72
13	692	35	50	382
14	581	30	32	610
15	420	22	20	689
16	235	16	12	508
17	22	5	0	45
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
	16.906	973	8.732	8.732

**Tabla 3. Pl. Horizontal**

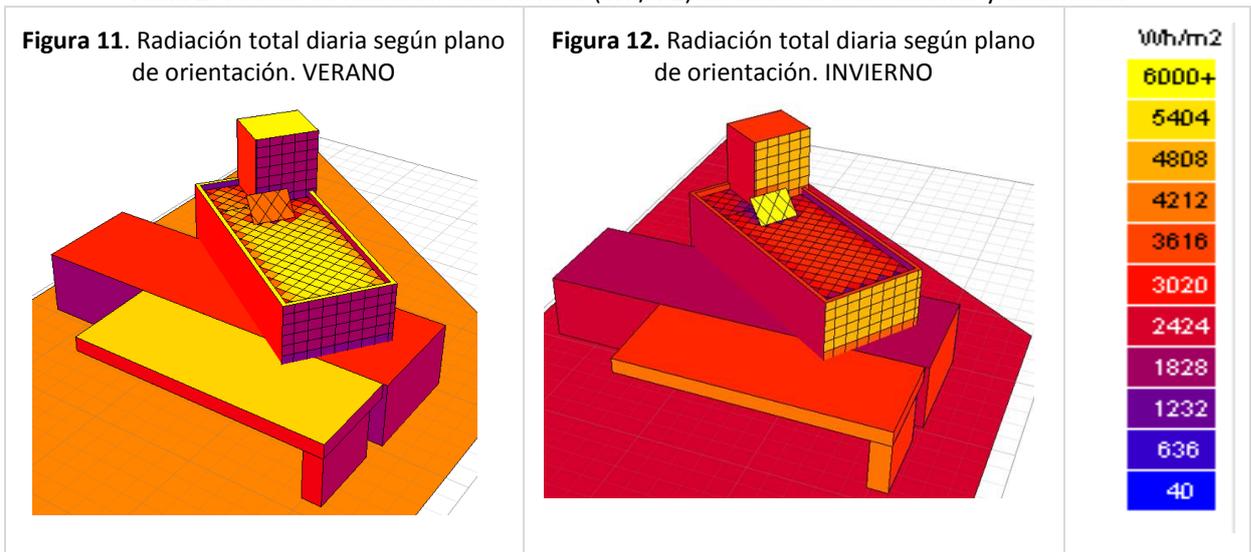
Hora	ver	inv
5	20	0
6	125	0
7	380	20
8	595	98
9	785	272
10	937	430
11	1035	545
12	1057	575
13	1035	545
14	937	430
15	785	272
16	595	98
17	380	20
18	125	0
19	20	0
	32.000	12.000

Fuente: MARISTANY - CIAL- FAUD – UNC – Mediciones Estación RSN.

**d) Evaluación de la eficiencia del sistema en distintas orientaciones.**

Mediante el uso de Programa Ecotec y los valores de radiación solar horaria para Córdoba, se analizan y evalúan los valores de radiación solar horaria en distintos planos: horizontal y verticales y se los compara con la incidencia de radiación solar en el plano inclinado (Tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de radiación solar horaria (Wh/m<sup>2</sup>) en distintas orientaciones y estaciones.



Fuente: Tabla realizada por el autor.

Los resultados establecen como la ubicación de mayor radiación solar en invierno el plano inclinado a 45°, ángulo que presentan los sistemas que se ofrecen en el mercado, sin obstrucciones hacia el norte, seguido por el plano vertical norte y los planos verticales noreste y noroeste con iguales valores. Si se considera la ganancia en verano entre planos verticales el plano norte invierte su comportamiento siendo el de menor ganancia, y los más convenientes corresponden a los planos con orientación noreste y noroeste. El plano horizontal manifiesta un muy buen comportamiento para la ganancia solar, pero su excesiva ganancia en verano podría no ser conveniente para el funcionamiento del sistema.

**e) Evaluación económica.**

Mediante el cálculo simple de amortización económica se busca establecer el proceso en el que se recupera el valor del elemento, en este caso el sistema de colector solar de tubos de vidrio, con tanque de almacenamiento, controlador y sistema de calentamiento adicional mediante resistencia. Dicha inversión inicial es de \$12.000. Se establece un consumo familiar según se desprende de las encuestas, para una familia tipo de 4 integrantes, cuyo combustible disponible es gas envasado de 40 kg de gas butano por mes, empleado para calentamiento de agua sanitaria y cocción únicamente. Éste consumo contrasta con uno de 10 kg/mes del mismo gas cuando se reemplaza el calentamiento de agua mediante el colector solar. Se establece un costo de \$97 para los 10Kg de gas butano en garrafa según tarifas actuales.

Sin colector se consume 40kg de gas butano envasado con un costo de \$388 por mes, mientras que con colector solar se consume solo 10 kg del mismo gas a un costo de \$97 por mes. Éstos consumos representan un ahorro mensual de \$291, lo que significaría un período de 3 años y 5 meses para recuperar la inversión para este caso testigo.

En el caso de considerarse la inversión en la etapa de obra, la diferencia entre el costo de un termotanque o calefón familiar para calentar agua mediante cualquier combustible no renovable (\$7.000) y el sistema de colector solar completo (\$12.000) sería de \$5.000 y el período de amortización se establecería en 1 año y 5 meses aproximadamente.

## 5.- Conclusiones

El muy buen grado de insolación en la Ciudad de Córdoba facilita la ganancia energética para ser utilizado en el calentamiento de agua y asegura su calentamiento durante la mayor parte del año.

La energía solar térmica responde a las premisas de la arquitectura sustentable y origina un importante ahorro de energía para aquellos casos en que no se cuenta con el suministro de energías convencionales como el caso del gas natural.

El uso de energías renovables para el calentamiento de agua en viviendas tiene un costo amortizable en corto plazo.

La incorporación de la energía solar térmica debe ser tenida en cuenta desde las primeras etapas de diseño a los fines de adecuarse morfológicamente a la vivienda.

El plano inclinado a 45° ubicado con orientación Norte para hemisferio Sur es el que recibe mayor radiación solar para la Ciudad de Córdoba, coincidente con el montaje del equipo de colector solar de los proveedores, sin embargo los usuarios no se encuentran conformes con el resultado morfológico final ya que al incorporar el sistema a 45° interfiere formalmente en el resultado arquitectónico.

La incorporación de colectores solares en los planos verticales permitiría una nueva percepción e incorporación de esta tecnología en los procesos de diseño y nuevos resultados morfológicos en la arquitectura. La incorporación de los colectores en las envolventes de las viviendas requiere de una nueva solución para la ubicación del tanque de acumulación y la circulación del agua.

Queda pendiente analizar el rendimiento del colector solar en el plano norte vertical en verano, dado que se constituye en el de menor ganancia, esta situación podría no afectar el calentamiento del agua por la disminución del salto térmico entre la temperatura del agua y la temperatura exterior.

Analizar en el futuro el funcionamiento del colector solar en el plano que se sugiere como óptimo de 27° para Córdoba en el estudio de Ángulo óptimo para planos colectores de energía solar integrados a edificios (H. Grossi Gallegos y R. Righini 2012) para verano e invierno, posición que permitiría disimularlo en techo horizontal.

## Referencias

- Placco C., Saravia L. y Cadena C., (2008). Colectores Solares para agua caliente. INENCO. CONICET. UNSa. Recuperado de: <http://www.conicet.gov.ar>
- Lambertucci, Rogelio et al., (2005). Evaluación de la Eficiencia energética en edificios en la Ciudad de Córdoba. Parámetros climáticos significativos para el diseño arquitectónico. Clima de la Ciudad de Córdoba. FAUD. UNC.
- Angiolini, S., Jerez, L., Pacharoni, A., Avalos, P., Gatani, M., Bracco, M. (2015). El desafío de habitar con la incorporación de energías limpias. Ponencia presentada en XXXIV Encuentro y XIX Congreso Asociación de Facultades y Escuelas de Arquitectura Públicas de los países de América del Sur- ARQUISUR. "Ciudades vulnerables. Proyecto o incertidumbre". La Plata, 16 al 18 de Setiembre 2015.
- Gobierno de la Provincia de Córdoba. (2013) Dirección General de Estadísticas y Censos. Ministerio de Planificación, Inversión y Financiamiento Gas Entregado. Recuperado de: <http://www.enargas.gov.ar>
- Bracco, Marta et al., (2010). Verificación de pautas de diseño sustentable en una vivienda serrana en Córdoba. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14, 2010. ISSN 0329-5184.
- H.Grossi Gallegos y R. Righini (2007) "Atlas de energía solar de la República Argentina" Universidad Nacional de Luján. Secretaría de Ciencia y Tecnología Bs As Argentina.
- H. Grossi Gallegos y R. Righini (2012) Ángulo óptimo para planos colectores de energía solar integrados a edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16, 2012. ISSN 0329-5184.
- Angiolini, Silvina et al., (2009). Análisis comparativo de dos viviendas en Córdoba, evaluando su eficiencia energética. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009. ISSN 0329-5184.
- Gil, S. (2007). Gas Natural en la Argentina: presente y futuro. Ciencia Hoy. Octubre – Noviembre. Nº 101- Vol. 17 (pp. 26-36).
- Gatani, Mariana et al., (2008). Definición de indicadores de análisis de diseño sustentable. El caso de una vivienda serrana en Córdoba. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008. ISSN 0329-5184.
- Gatani, Mariana et al., (2013). La importancia de la orientación en el desempeño térmico energético de tipología vivienda urbana dúplex. Ponencia publicada XXXII Encuentro y XXVII Congreso Habitar la ciudad, Tiempo y Espacio ARQUISUR 2013. FAUD UNC. Editorial FAUD UNC. Ebook Eje Temático 1- Investigación: 1.3 Paisaje- Ambiente y Ciudad. ISBN 978-987-1494-34-7
- Valores de Radiación solar horaria para Córdoba Capital. Estación radiación solar CIAL-FAUD-

## Autores

Silvina Angiolini es Arquitecta, Magíster en Docencia Universitaria, Profesora Adjunta FAUD - UNC. [silvinaangiolini@gmail.com](mailto:silvinaangiolini@gmail.com)

Lisardo Jerez es Arquitecto, Profesor Asistente FAUD UNC. [jerezlisardo@yahoo.com.ar](mailto:jerezlisardo@yahoo.com.ar)

Ana Pacharoni es Arquitecta, Especialista en Docencia Universitaria, Profesora Asistente FAUD UNC.  
[anacpacharoni@hotmail.com](mailto:anacpacharoni@hotmail.com)

Pablo Avalos es Arquitecto, Profesor Asistente FAUD UNC. [argavalospablo@hotmail.com](mailto:argavalospablo@hotmail.com)

Mariana Gatani es Doctora Arquitecta, Investigadora CONICET, Profesora Asistente FAUD UNC.  
[mgatani@hotmail.com](mailto:mgatani@hotmail.com)

Daniela Bracco es Arquitecta, Adscripta FAUD UNC. [arg.danielabracco@gmail.com](mailto:arg.danielabracco@gmail.com)