

# SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR PARA EL HABITAT CONSTRUIDO. IMPACTO DE SU IMPLEMENTACION MASIVA.

Alfredo Esteves<sup>1,2</sup>, e-mail: [alfredo.esteves@um.edu.ar](mailto:alfredo.esteves@um.edu.ar)  
Carolina Ganem<sup>1</sup>, e-mail: [cganem@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:cganem@mendoza-conicet.gov.ar)  
M.Victoria Mercado<sup>1</sup>, e-mail: [mvmercado@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:mvmercado@mendoza-conicet.gov.ar)

<sup>1</sup>INCIHUSA-CCT Mendoza CONICET C.C. 131 – 5500 Mendoza – Argentina Tel.: 54-261-5244309/10

<sup>2</sup>Universidad de Mendoza - Arístides Villanueva 773 – 5500 Mendoza – Argentina

**Resumen:** *el aprovechamiento de la energía solar conjuntamente con la conservación de energía es una tarea que resulta imprescindible para tender hacia la sustentabilidad en el habitat humano. En este trabajo se presenta el impacto positivo producido por la incorporación de sistemas de energía solar en el sector residencial, lo que permite mostrar valores importantes al momento de generar un control en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). A través de la incorporación de conservación de energía, uso de sistemas pasivos de calefacción e iluminación natural, equipos para agua caliente solar y cocción solar, se demuestra que se alcanzaría una reducción del 46.6% del consumo del sector residencial de Argentina, lo que representaría una reducción de la emisión de 0,31 t CO2/persona.año.*

**Palabras clave:** eficiencia energética, política energética, impacto ambiental

## 1. INTRODUCCION

Es evidente que el desafío presente resulta de un consumo de energía menor para otorgar las mismas prestaciones, tanto para generar confort de los usuarios como para mantener la calidad de vida o incluso aumentarla (Volantino et al, 2005). En este camino, es importante tomar en cuenta el respeto hacia el medioambiente reduciendo el impacto negativo que ocurre con cada tarea que realizamos.

La reducción del flujo energético necesario para cualquier fin, es un objetivo prioritario para cualquier economía ya sea a nivel doméstico, local, regional, nacional o mundial siempre que su consecución no afecte negativamente al medioambiente.

Tanto el aprovechamiento de la energía solar, como la conservación de energía, sobretudo en aquellos lugares en que la radiación solar es abundante, contribuye a la reducción de las emisiones GEI. En general, tomando los consumos mundiales globales, se podría inferir que si se realizara la eficiencia energética en todos los sectores energéticos, se podría ahorrar un 43% del consumo de energía primaria, valor compuesto por el 18% sector residencial, 10% en la Industria y el 17% en el Transporte. (Mandil C., 2007). En el mismo trabajo el presidente de la IAE (International Energy Agency), destaca que el uso de estas energías alternativas favorece un desarrollo económico sostenible, indicando la necesidad de mayor desarrollo de las energías renovables.

A nivel nacional, (Volantino et al., 2007) indica el techo de ahorro que generaría la implementación de conservación de energía y eficiencia energética en el sector residencial, el nivel de ahorro alcanzado es del 43% tomando en cuenta la aislacion de muros y techos y si se utiliza doble vidrio hermético este valor podría alcanzar el 50%. Para esto se ha tenido en cuenta datos del Censo 2001 (INDEC 2001), para el cual, la vivienda promedio sería de 3 ambientes y 60 m<sup>2</sup> de superficie cubierta.

Los ahorros estimados de energía eléctrica en base a las medidas propuestas alcanzan un 20 % del consumo total del edificio. Puntualmente, para el caso del uso racional del agua, el consumo puede reducirse hasta en un 60 %. Asimismo y dada la necesidad de que los edificios públicos se ajusten a normas de eficiencia energética y buen desempeño ambiental es necesario desarrollar metodologías de trabajo e instituciones tendientes a la mejora continua en el uso de los recursos energéticos y la consecuente disminución de emisiones de gases efecto invernadero.

## 2. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ARGENTINA

El 91.3% del consumo de energía primaria de Argentina está abastecido por petróleo y gas natural. Las zonas conectadas a la red, utilizan gas natural (GN) con un costo mucho menor. Costo GN: 18.5/MWh. Las zonas de secano, se utiliza gas envasado (GE) que proviene del petróleo y leña (Le). Estos son 1.8 millones de personas en 314 mil hogares y 6000 edificios públicos (escuelas, salas de emergencia, destacamentos policiales, etc.). El costo de la utilización de energía es de \$ 138.0 /MWh para el Gas Envasado (GE) y de \$ 134/MWh para la leña (Le). La Fig. 1

indica la energía primaria consumida por Argentina en el año 2007 y los valores porcentuales de los consumos de cada sector. Se observa el consumo en el sector residencial alcanza el 28.3%.

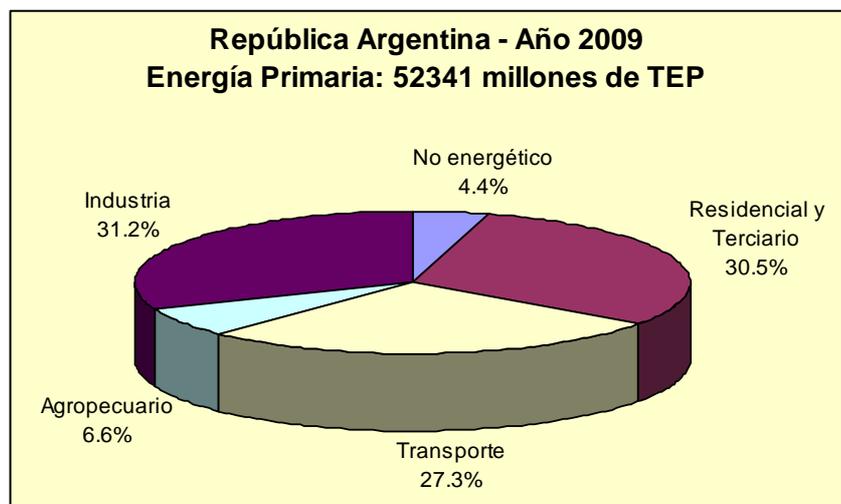


Figura 1: consumo de energía primaria en Argentina - 2007

Según Cerioni et al. (2008), “la prospectiva sobre el sector energético prevé que el crecimiento de la demanda de energía en Argentina superará ampliamente al de la oferta. En este marco, será imprescindible incrementar la producción nacional incentivando la inversión en exploración e infraestructura, diversificando la matriz energética, e intensificando la integración”. Es de destacar que desde 2011 Argentina ha dejado de ser autoabastecida en petróleo y gas, cosa que asevera lo indicado por Cerioni. La matriz de consumo energético tiene que ver tanto con la oferta, como con la demanda de energía. Es importante tener una oferta de energía en lo posible sustentable. Argentina durante 2010 ha licitado 1000 MW de energía para generarlos en base a energías renovables, tal es el caso del parque eólico en Rawson o el Parque Solar de Cañada Honda en San Juan. En base a esta licitación, se encuentra en preparación una segunda licitación de otros 1000 MW.

Con respecto a la demanda, en el sector residencial, tenemos varias estrategias que podemos implementar, entre ellas, las más importantes se incluyen 1º conservar, 2º utilizar fuentes limpias y renovables. El aprovechamiento solar es una seria opción para revertir esta situación que ya se está generando en otros países y que depende de los proyectistas la posibilidad de expansión y del sector político apoyado en el sector científico el éxito de su implementación masiva.

El programa PERMER “Proyecto Energía Renovable en Mercados Rurales Dispersos” tiene como uno de sus objetivos el suministro de energía a las áreas rurales aisladas, que están fuera del alcance de la sombra de distribución eléctrica, con la utilización de fuentes renovables. Es así que mediante la provisión de electricidad a través de la utilización de sistemas fotovoltaicos, eólicos, mini y micro hidráulicos, y celdas de combustible, apunta a mejorar la calidad de vida de cerca de dos millones de personas que habitan algo más de 300.000 hogares, contribuyendo así a disminuir la emigración a grandes centros urbanos (Cerioni et al., 2008). Además de usuarios individuales prevé el abastecimiento de instituciones públicas (por caso escuelas, puestos sanitarios, destacamentos policiales).

El edificio tiene grandes superficies expuestas y puede dotarse de colectores solares que transformen esa energía solar incidente en energía térmica o fotovoltaica. Existe una tecnología solar desarrollada que al incorporarse al edificio, permite generar ahorros sustanciales de energía al combinarla con conservación de energía. La Tabla 1 indica la tecnología desarrollada que podría tomarse como base para programas de eficiencia energética en la demanda en el sector residencial.

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE TECNOLOGÍA SOLAR

Existe una vasta experiencia en aplicaciones de tecnología solar y conservación de energía en las personas asociadas a la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES), cuya tecnología se encuentra en muchos casos madura para realizar aplicaciones directas con certeza de su exitosa participación en la disminución de los consumos de energía.

La Fig. 2 muestra el caso de incorporación de sistemas de conservación de energía y calefacción solar pasiva, en edificios residenciales, como del sector terciario. Existe una vasta bibliografía al respecto referente a investigación y el desarrollo hasta las aplicaciones concretas de los mismos edificios. Las investigaciones permiten inferir los porcentajes de ahorro en cada caso, que estarán directamente relacionados con el clima de cada lugar de implantación. En el caso de la Fig. 2 se puede observar la Escuela Petroleros del Sur (De Rosa, 2012), prototipo solar Enrico Tedeschi (Fernández 2003), hospital de Susques (Hernández et al., 2007).



Figura 2: ejemplos de calefacción pasiva: a) edificio de escuela Petroleros del Sur-Malargue Mendoza; b- vivienda E. Tedeschi en Mendoza; c- hospital de Susques – Salta ubicado a 4000 msnm.

En cuanto al equipamiento, se puede observar en la Fig. 3, tecnología de calentamiento de agua, de distinto costo y rendimiento y equipos de destilación para purificarla en aquellos lugares donde se dispone de agua pero con un contenido de sales que la hace inapropiada para su consumo. Se puede observar el calefón solar (Follari



Figura 3: ejemplos de equipos para calentamiento y tratamiento de agua: a) calefón solar de Tecnosolar empresa Argentina; b- destilador solar desarrollado en la UNSL; c- colector con elementos reciclados; d- calefón tanque, ambos del CONICET.

En la figura 4 se puede observar tecnología para producción de alimentos (vegetales) bajo cubierta en localidades de climas desérticos o semidesérticos. También se puede observar equipos para cocción de alimentos que permiten un ahorro significativo, del orden del 50% al 80% dependiendo de la frecuencia de utilización y un horno solar de doble ganancia que permite la cocción del orden de 10 kg de carne, adaptado para uso en escuelas y comedores infantiles.



Figura 4: a- producción de vegetales en zonas de desierto; b- caja térmica para cocción de alimentos; c- horno solar de doble ganancia solar.

En zonas de Argentina donde el clima es templado, con radiación solar suficiente, la cocción, la calefacción, el calentamiento de agua son opciones interesantes para disminuir el consumo de energía fósil (petróleo y gas) y también la leña. A través de la transferencia al medio, se ha podido observar su utilización y optimización de los diseños. De esta manera los edificios se transforman de altos consumidores en más eficientes consumidores y hasta en productores de energía.

#### 4. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En la Argentina existen 10.079.846 viviendas, Mendoza 410.332 (INDEC, 2001), de las cuales 81 % corresponde al área urbana y el 19 % al área rural.

De las viviendas urbanas se podría inferir un ahorro de alrededor del 40% mínimo, tomando en cuenta conservación de energía en calefacción (Volantino, 2007; Mesa, 2003); y solar en calentamiento de agua, esto impactaría sobre el 81% de las viviendas, e implica un ahorro del 9.2 % sobre la energía primaria.

*“Las zonas urbanas metropolitanas, viven actualmente una dinámica poblacional (económica, política y social) muy compleja de crecimiento acelerado, que afectan el uso de suelo, incrementan la necesidad de transporte y de abastecimiento, generando una presión ambiental sobre el entorno rural que tiene una repercusión global”.* (Puliafito et al., 2008).

##### 4.1 Impacto sobre los consumos energéticos

De acuerdo a Mesa, 2003 en un ambiente urbano el 10% se encuentra imposibilitado de recibir energía solar directa, el 90% restante tiene posibilidades de recibir entre un 50 y un 60% del total posible. Si bien la investigación está dirigida a evaluar los entornos urbanos del Area Metropolitana de Mendoza (AMM), es una muestra de las potencialidades que tienen las ciudades, que como Mendoza, tiene su estructura en forma de damero sobre la zona de alta densidad (caso de las ciudades de Argentina). En la zona de media y baja densidad, los valores de acceso al sol, prácticamente no son diferentes de aquellos otorgados a las viviendas aisladas.

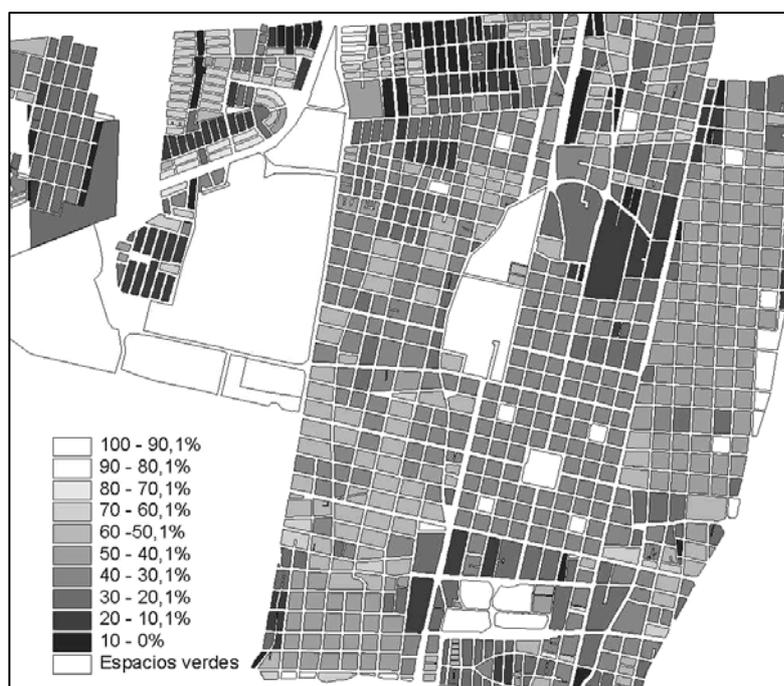


Figura 5: Mapeo de la potencialidad solar de cada manzana en relación con su geometría y orientación.

Fuente: Mesa A.,2003.

La figura 5 muestra los porcentajes de ahorro solar otorgado por las posibilidades de incorporar sistemas pasivos para calefacción y calentamiento de agua en la zona del Area Metropolitana de Mendoza. Se observa en base al tono otorgado a cada manzana las posibilidades que tiene cada una.

Tabla 1: consumos de la vivienda tradicional media; vivienda solarizada; consumo final con estrategias de conservación y solar en % y tecnología utilizada en cada caso. Con 26.5 m2 por vivienda se alcanza un 73% de ahorro.

| Consumos de cada ítem [kWh/año] |                      |                |               |                           |
|---------------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------------------|
|                                 | Vivienda Tradicional | Vivienda Solar | Consumo final | Tecnología                |
| Calefacción                     | 17078                | 4910           | 28.8%         | Conservación+solar (20m2) |
| Agua Caliente                   | 4155                 | 806            | 19.4%         | Solar 4 m2                |
| Cocción                         | 2546                 | 453            | 17.8%         | Conservación+solar (1 m2) |
| Iluminación                     | 635                  | 205.8          | 32.4%         | Orientación               |
| Equipamiento                    | 1900                 | 912            | 48.0%         | Fotovoltaico 1.5 m2       |
| Aire Acond.                     | 640                  | 0              | 0.0%          | Conservación+pasivo       |
|                                 | <b>26954</b>         | <b>7286.8</b>  | <b>27.0%</b>  | <b>26.5 m2</b>            |

El 19% restante de las viviendas se podría inferir un ahorro del 50% con la implementación solamente de conservación de energía, valor que podría llegar hasta el 70% en algunos enclaves donde no hay conciencia de la utilización racional de la energía. Gonzalez (2008). En particular en climas soleados, el 85% utilizando conservación, SSP, ACS y CS, lo que implica un ahorro del 4.5% en la energía primaria. El ahorro total del 13.7% en la energía primaria, implica un 46.6 % del consumo en el sector residencial y terciario.

#### 4.2 Impacto sobre las emisiones

El impacto ocasionado al medio ambiente se toma en consideración los factores de emisión que vinculan la cantidad de gases emitidos por cada tipo de energía consumida. El sector residencial utiliza mayormente gas natural, electricidad, gas envasado, kerosene y carbón, para la operatividad de los edificios que es lo que se está analizando. La Tabla 2 muestra los factores de emisión utilizados (IPCC, 1996 en Puliafito et al., 2008), para los principales gases que afectan la calidad del aire y que además son gases de efecto invernadero.

Tabla 2: factores de emisión utilizados IPCC, 1996 en Puliafito et al., 2008.

| Combustible | CO2    | CH4   | CO    | NOx   | HC    |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|
|             | Mg/TJ  | kg/TJ | kg/TJ | kg/TJ | kg/TJ |
| Gas Natural | 53.67  | 620   | 723   | 198   | 1.3   |
| Kerosene    | 73.463 | 57    | 296.5 | 170   | 44.5  |
| Fuel-oil    | 73.3   | 4.8   | 510   | 790   | 2.4   |

Estas emisiones son directamente proporcionales al consumo de energía, y son las principales emisiones de efecto invernadero.

A partir de estos factores de emisión y el consumo general de energía (Tabla 2) se puede construir un primer inventario de emisiones anuales como se detalla en la Tabla 3. La Figura 6 muestra la energía consumida por el sector residencial para atender la operación de los edificios.

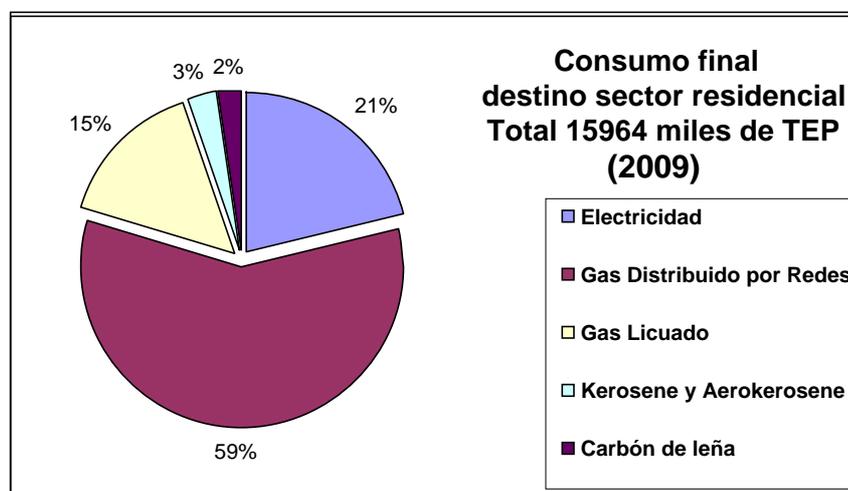


Figura 6: consumo final del sector residencial por energético utilizado (Balance Energético, 2009)

Se observa que los consumos son especialmente del gas natural que conforma el 59%, el 21% de electricidad que podríamos atribuir 50% producida por consumo de gas natural, 40% por combustibles líquidos y 10% por hidroelectricidad; el 15% proveniente del gas licuado de petróleo, y finalmente el 3% de kerosene y el 2% del uso de carbón.

Del consumo de energía en edificios uno de los consumos mayores en localidades de climas templados y fríos es la producida por la calefacción de espacios, alcanzando el 61%. De manera que cualquier acción para mejorar la eficiencia energética en este sector debería ser realizado hacia el estudio y análisis de diferentes estrategias para reducir las pérdidas energéticas sin perder de vista mantener un ambiente confortable. Jaber (2002).

Tomando en cuenta un ahorro posible del 46% indicado en el sector residencial, se presenta en la Tabla 3 la cantidad de emisiones de efecto invernadero (GEI) que se evitarían si se implementaran programas de reciclaje de viviendas ya construidas para proveerse de calefacción solar pasiva (factor que más incidencia tiene en el consumo de energía fósil en el sector residencial) y se permitiera a través de mecanismos apropiados la incorporación de tecnología solar para cocción, calentamiento de agua, destilación de agua, producción de vegetales.

Tabla 3: consumo de energía en el sector por combustible y emisiones de GEI anuales.

| Combustible               | Consumo [TJ] | Ener. Ahorrada [TJ] | CO2 [Ton]  | CH4 [Ton] | CO [Ton] | NOx [Ton] | HC [Ton] |
|---------------------------|--------------|---------------------|------------|-----------|----------|-----------|----------|
| Electricidad              | 98586.6      | 45941.3             | 1683750.3  | 110.3     | 11715.0  | 18146.8   | 55.1     |
| Gas Distribuido por Redes | 270003.3     | 125821.5            | 7985677.4  | 92251.2   | 107576.8 | 29460.9   | 193.4    |
| Gas Licuado               | 70017.1      | 32628.0             | 1751143.8  | 20229.3   | 23590.0  | 6460.3    | 42.4     |
| Kerosene y Aerokerosene   | 14065.0      | 6554.3              | 481496.4   | 373.6     | 1943.3   | 1114.2    | 291.7    |
| Carbón de leña            | 10065.2      | 4690.4              | 343806.4   | 22.5      | 2392.1   | 3705.4    | 11.3     |
| Total                     | 462737.2     | 215635.5            | 12245874.3 | 112986.9  | 147217.3 | 58887.7   | 593.9    |

## 5. DISCUSION

Se presenta la disminución del impacto que se produciría al implementar programas de eficiencia energética y uso de energía solar en edificios. Para ello se hace uso de tecnologías investigadas, experimentadas e incluso probadas, muchas de ellas en casos reales que se encuentran en plena vigencia.

Es de destacar que se debería disponer de financiamiento acorde a las necesidades de su utilización, por ejemplo la refuncionalización de escuelas, hospitales y centros de salud deberían ser prioritarios así como las viviendas en climas rigurosos. En esto puede ser interesante tomar en cuenta las emisiones por edificio o por m<sup>2</sup> construido para cada tipo de edificio.

Argentina posee un nivel de emisiones GEI de 3.67 t CO<sub>2</sub>/hab (Puliafito et al., 2008) en este trabajo se muestra con valores si bien globales, la contundencia que tendría la implementación de tales tecnologías energéticamente eficientes ya que permitiría el ahorro del orden de 0.31 t CO<sub>2</sub>/hab.

Estos objetivos deberían ir acompañados de acciones fundamentales:

- desarrollo de marcos regulatorios que propicien medidas de eficiencia energética;
- programa en edificios públicos;
- concientización, difusión y educación de los consumidores, decisores, profesionales y público en general;
- estimulación del mercado mediante incentivos y desincentivos económicos;
- disponibilidad de mecanismos financieros apropiados;
- fomento de la investigación y desarrollo (I&D);
- sistema de información sobre tecnologías disponibles, costos y beneficios de la mayor eficiencia energética.

Estas tareas implican evolución del empleo en la construcción (motor principal de la actividad económica) y también en la fabricación de equipamiento.

## REFERENCIAS

- Balance Energético (2009). Ministerio de Economía. Gobierno de la República Argentina. [www.mecon.gov.ar](http://www.mecon.gov.ar).
- Cerioni L., Morresi S. 2008. Política energética argentina: análisis de la legislación vigente tendiente a promocionar el uso de energías renovables. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, pp. 07-73/78. Salta.
- De Rosa C et al. 2012. Escuela 1-374 Petroleros del Sur - Malargüe - Provincia de Mendoza. <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/xoops/html/modules/freecontent/index.php?id=23>. Fecha consulta: 07/2012.
- Fernandez J.C. 2003. Primera casa solar argentina. <http://www.barrameda.com.ar/noticias/ecocnt03.htm>. Fecha consulta 07/2012.

- Follari Jorge (2006) Análisis del comportamiento de los calefones solares argentinos y de otros orígenes- Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 18. Salta, Argentina.
- González A.D. 2008. Aumento de la Eficiencia térmica en la Ciudad de Bariloche: propuesta de un plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión y no al consumo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, pp. 07-57/64. Salta.
- Hernandez A., Lesino G. 2007. Diseño y simulación computacional de sistemas pasivos y activos de calentamiento de aire para el Nuevo Hospital Materno Infantil de la Localidad de Susques, Provincia de Jujuy. AVERMA. Vol. 11, Secc. 5, pp. 81-88. Ed. ASADES. Salta.
- Mandil C. (2007). Reference Scenario: World Primary Energy Demand. International Energy Agency. [www.ifp.fr/content/.../IFP\\_Panorama2008\\_PresentationAIE.pdf](http://www.ifp.fr/content/.../IFP_Panorama2008_PresentationAIE.pdf)
- Mesa A. 2003. "Método teórico de diagnóstico de la habitabilidad termo-lumínica del espacio arquitectónico, como base para la planificación urbana: Caso Mendoza, Argentina". Tesis Doctoral. Doctorado en Arquitectura. Universidad de Mendoza.
- Pacheco C.G., Imbert D.F., Rusillo S. D'Andrea A., Caminos J. 2008. estudios y aplicación de metodologías de eficiencia energética en edificios públicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, pp. 07-95/100. Salta.
- Jaber J.O. 2002. Prospects of energy savings in residential space heating. Energy and Buildings 34, pp. 311–319.
- Puliafita E., Rojic G., Perez Gunella F. 2008. Emisiones de carbono para la ciudad de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, 07.01/08. Salta.
- Tanides C.G. 2007. Primera evaluación del impacto de la etiqueta de eficiencia energética en los refrigeradores y congeladores de la Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, 07.23/29. Salta.
- Volantino V., Cornejo J. 2005. Ahorro y certificación energética: la envolvente de los edificios. Ed. Saber Como. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. INTI. Bs.As.

#### **SOLAR ENERGY SYSTEMS FOR BUILDING SECTOR. IMPACT OF THE MASSIVE IMPLEMENTATION**

**Abstract:** solar energy use with energy conservation is a task fundamental to tend to the sustainability in human habitat. In this work it is presented the positive impact produced by the incorporation of solar energy technology and energy conservation in the domestic sector, which allows to show important values that generate control in greenhouse gases emissions (GEI). Across the incorporation of conservation of energy, use of passive systems of heating and natural lighting, equipments (teams) for warm solar water and solar boiling, demonstrates that there would reach a reduction of 46.6 % of the consumption of the sector, which would represent a reduction in the GEI of 0,31 t CO<sub>2</sub>/persona.año.

**Key words:** energy efficiency, energy policy, environmental impact.