
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES ECONOMICAS DEPARTAMENTO CENTRAL, PARAGUAY

STUDY OF ALTERNATIVES TO IMPROVE THE ENERGETIC EFFICIENCY IN ECONOMIC FAMILY HOUSINGS CENTRAL DEPARTMENT, PARAGUAY

Ing. Delia Cohenca

Universidad Nacional de Asuncion
Mágister en Energia para el Desarrollo Sostenible
Facultad de Ingenieria, Direccion de Postgrado
Campus Universitario , Paraguay
dcohenca@ips.gov.py

RESUMEN: Esta investigación evalúa el consumo energético de las viviendas unifamiliares, teniendo como estudio de caso una vivienda del barrio comunitario Kuarahy Rese (Ita), Paraguay, con el interés de implementar mejoras pasivas que permitan lograr un ahorro energético. La metodología empleada permite identificar y evaluar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial ahorro energético y que al mismo tiempo establezcan el confort térmico en viviendas ubicadas en climas tropicales. Se realizaron mediciones periódicas del consumo energético y un relevamiento de los equipos eléctricos instalados, horario de uso, frecuencia, además de los datos técnicos de cada equipo. Conforme a los datos obtenidos se implementaron medidas experimentales para reducir el consumo eléctrico. Los resultados de las mediciones se comparan con los obtenidos mediante la simulación a través de un programa informático (Energy Plus, interfase DesignBuilder). Las conclusiones muestran que es posible contribuir al desarrollo de una propuesta constructiva y tecnológica para mejorar el confort, reducir costos y minimizar el impacto ambiental adverso por la alteración de ecosistemas en la construcción de centrales hidroeléctricas, polución atmosférica y de los recursos hídricos.

Palabras claves: Eficiencia Energética. Ahorro Energético. Demanda Eléctrica. Simulación.

ABSTRACT: This research evaluates the power consumption of economic family houses, having as a case study a house of the communitarian district of Kuarahy Rese (Ita), Paraguay, with the interest of implementing passive improvements that allow power saving. The methodology applied allows to identify and evaluate the opportunity areas that offer potential power saving and that, at the same time, establish the thermal comfort in houses located in tropical climates. Periodic measurements of the power consumption were made and a detail of the installed electrical equipment, hour of use, frequency, in addition to the engineering data of the equipment was taken into account. According to the collected data experimental measures were implemented to reduce the electrical consumption. The results of the

measurements are compared with the obtained ones by means of the simulation through a computer science program (Energy Plus, interphase DesignBuilder). The conclusions show that it is possible to contribute to the development about a constructive and technological proposal to improve comfort, reduce costs and diminish the environmental impact by the alteration of ecosystems in the construction of hydroelectric power plants, air pollution and water resources.

Keywords: Energetic Efficiency. Power Saving. Electrical Demand. Simulation.

1 INTRODUCCIÓN

La sociedad actual necesita, para mantener su nivel de vida y de confort, un alto consumo energético. Por tanto, el reto consiste en buscar el desarrollo sostenible, manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético.

En estos días el ahorro y el mejor uso de la energía implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global, y atenúan la presión sobre los recursos energéticos (BOUILLE, 1993). En este contexto, la aplicación de criterios de diseño energético, ambientalmente eficiente para los componentes edilicios, especialmente la envolvente arquitectónica, conlleva a un ahorro en los gastos de materia, energía, emisiones, residuos, etc. (ALÍAS y JACOBO, 2007)

En el presente trabajo, los aspectos de sustentabilidad energética con respecto a recursos naturales y el ambiente son tratados de manera conjunta, con la convicción de que las fuentes energéticas constituyen una parte muy importante dentro de los recursos naturales y que el impacto de las actividades del sector energético sobre el medio ambiente es múltiple.

El propósito de esta investigación es diseñar una metodología para identificar y evaluar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial ahorro energético y que al mismo tiempo, establezca el confort térmico en viviendas ubicadas en climas subtropicales, construidas con la premisa que la energía era un recurso abundante y se obtenía a precios asequibles.

2 DESARROLLO

2.1 Formulacion del problema

El problema se plantea en relación a las viviendas unifamiliares que no responden adecuadamente a las características ambientales de una determinada localidad y a los aspectos constructivos que la envuelven, muchas veces por desconocimiento de los moradores, quienes se ven en la necesidad de introducir sistemas de acondicionamiento térmico de control ambiental, como iluminación, ventilación, aire acondicionado y otros, que funcionan con

energía eléctrica y generan un significativo aumento del consumo eléctrico.

En el presente estudio se pretende, realizar la evaluación del consumo (demanda) energético de las viviendas unifamiliares del Barrio Comunitario Kuarahy Rese (Amanecer, en idioma Guaraní) y en base a estos resultados proponer las posibles alternativas para lograr un ahorro energético y lo que conlleva a una disminución en la factura eléctrica mensual, y contribuir al logro de un ambiente más sustentable. Aun cuando esta investigación se desarrolla en el Barrio Comunitario Kuarahy Rese, se aspira a que estos planteamientos sean aplicables a otros proyectos sociales, con requerimientos energéticos y características ambientales similares.

2.2 Metodología específica aplicada al proyecto

La vivienda estudiada fue construida entre los años 2005 y 2006 y habitada efectivamente por la familia Espínola en septiembre del 2006. Forma parte del conjunto de viviendas del Barrio Comunitario Kuarahy Rese, de varias cooperativas, y construida mediante el sistema de ayuda mutua. El frente de la vivienda está orientado al Noreste. La vivienda se encuentra habitada por cuatro personas, dos adultos y dos menores. La superficie cubierta es de 72 m². En la Tabla 1 se detalla el consumo energético (mensual y diario en kWh) de los diferentes artefactos eléctricos, considerando la potencia, cantidad, horas de uso diario.

Tabla 1 – Consumo energético mensual y diario vivienda

Artefactos	Potencia W	Cantidad	Hs/día	Consumo /mes kWh/mes	Consumo día kWh/día
Heladera	300	1	7,5	67,5	2,25
Licuada	300	1	0,15	1,35	0,045
Televisor	34	1	8	8,16	0,272
Ventilador Techo	80	4	8	76,8	2,56
Lavarropas	0.31	1	35	10,85	0,36
Focos incandescent	100	5	5	75	2,5
Fluorescente	40	1	5	6	0,2
Equipo música	100	1	1	3	0,1
Computadora	220	1	0,5	3,3	0,11
Ducha eléctrica	4400	1	0,55	72,6	2,42
CONSUMO TOTAL				324,56	10,82

Fuente: Elaboración propia (2008)

Con los datos obtenidos de la vivienda tanto en relación a su localización, orientación, arquitectura (conformación geométrica, materiales, etc.), como a su carga energética y la actividad de sus moradores, se realiza con el programa *DesignBuilder* la simulación, de manera a calcular las demandas energéticas del edificio.

En la Figura 1 se grafican los resultados obtenidos mediante la simulación para el día 20 de febrero 2008 del consumo energético diario.

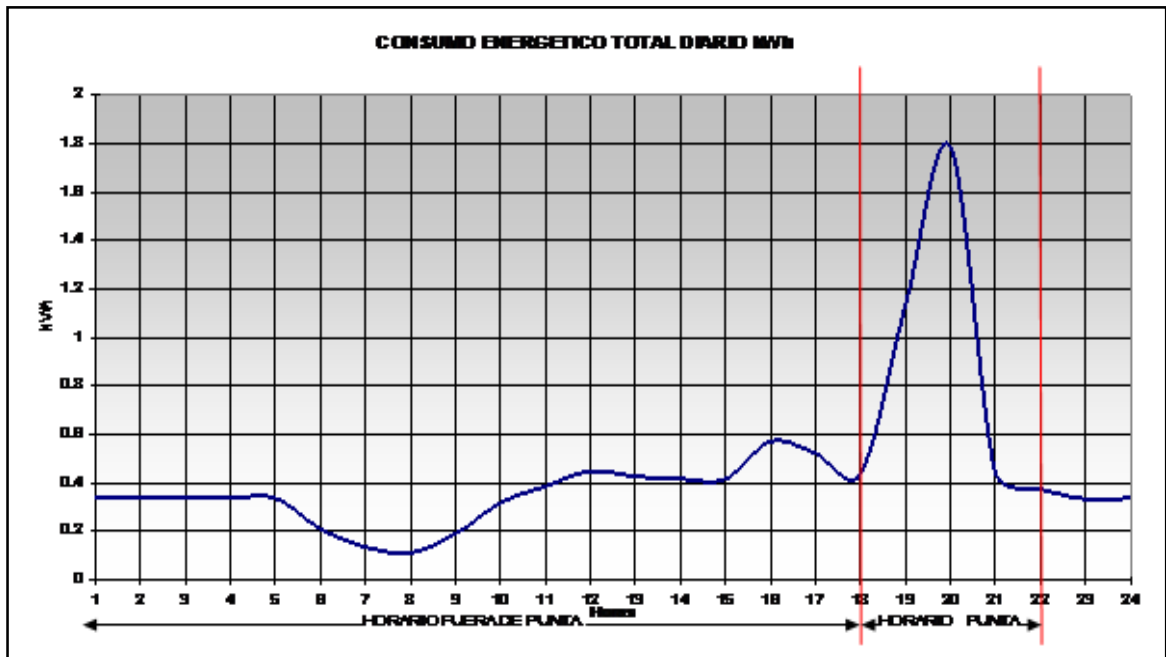


Figura 1 – Consumo energético total diario en kWh
Fuente: Elaboración propia (2008)

Del total de 10.41 kWh/día (hasta 11 kWh/día) de consumo energético de la vivienda, los principales focos de consumo energético son el sistema de ACS (ducha eléctrica) representa el 22.36 % y la iluminación el 24.95%, totalizando entre ambos 47,31 % del consumo energético total de la vivienda. Se identifican el sistema de ACS (Agua Caliente Sanitaria) y la iluminación como puntos potenciales de ahorro energético.

2.3 Datos climatológicos

Considerando las coordenadas geográficas del lugar (Latitud: -25° 30': Elevación: 113m y Longitud: -57° 12' – Lugar: Compañía Aveiro – Ita – Dpto. Central), en la Tabla 2, se detallan los principales valores de las variables climatológicas que guardan relación con el presente estudio.

Tabla 2 – Variables Climatológicas locales

	Parametro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Radiacion Directa Normal	6,02	5,37	5,01	4,46	4,38	3,80	4,31	4,70	4,81	4,96	5,71	5,90	4,95
2	Temperatura promedio del aire	27,40	26,30	25,50	22,90	19,60	18,40	17,90	20,40	22,30	24,40	25,50	27,10	23,10
3	Temperatura del Suelo	28,20	26,80	25,80	22,80	19,20	17,60	17,20	20,10	22,50	24,80	26,20	27,90	23,20
4	Humedad Relativa	65,20	68,60	70,60	70,90	67,70	64,90	59,00	52,50	53,80	59,30	60,00	60,30	62,70
5	Velocidad del viento	3,97	4,09	4,09	4,34	4,23	4,61	4,87	4,61	4,87	4,61	4,34	4,23	4,40

Unidad

1	Radiacion Directa Normal	kWh/m ² /día	Promedio de 22 años
2	Temperatura promedio del aire	°C - temperatura a 10m sobre nivel	Promedio de 22 años
3	Temperatura del Suelo	°C - Promedio de 22 años	
4	Humedad Relativa	% - Promedio de 22 años	
5	Velocidad del viento	m/seg - Veloc.a 10m sobre la superficie	promedio 10 años

Fuente: *Nasa Surface Meteorology* na SolarEnergy

La vivienda estudiada fue construida entre los años 2005 y 2006 y habitada efectivamente por la familia Espínola en septiembre del 2006. Forma parte del conjunto de viviendas del Barrio Comunitario Kuarahy Rese, de varias cooperativas, y construida mediante el sistema de ayuda mutua. El frente de la vivienda está orientado al Noreste. La vivienda se encuentra habitada por cuatro personas, dos adultos y dos menores.

Las principales características de la envolvente de la vivienda estudiada se pueden visualizar en el Tabla 3.

Tabla 3 – Características de la envolvente

Características de la envolvente	
Mampostería de Elevación	
Exterior (0,15m)	Ladrillos comunes vistos
Interior (0,15m)	Ladrillos comunes revocados (dormitorios, SSHH)
Interior (0,15m)	Ladrillos comunes vistos (sala , pasillo, cocina)
Techo	
Cubierta superior	Tejas y Tejuelones
Estructura	Tirantes y Vigas de H° A°
Piso	Cerámico rustico
Aberturas	
Puertas	Marco de H°A° y hoja placa
Ventanas	Marco metálico - vidrio 3 mm --cortinas
Revestimientos	
Azulejos Blancos H=1,5m	SSHH
Instalación Eléctrica	Monofásica - Embutida
Instalación Sanitaria	
Agua Corriente	De la red - Pozo artesiano y Tanque elevado
Desagüe Pluvial	No posee canaletas
Desagüe Cloacal	Cámara séptica y Pozo Ciego

Fuente: Elaboración propia (2008)

En la vivienda se disponen de los siguientes ambientes: Hall de acceso, sala comedor, tres dormitorios, pasillo, baño y cocina lavadero, jardín frontal y patio interior.

La jefa de hogar es Dora Espínola, ella es arquitecta, trabaja en las oficinas administrativas de la cooperativa, tiene dos hijos menores (12 y 2 años respectivamente) y una sobrina que vive con ellos y le ayuda con las tareas.

A efectos de obtener mayor información en relación al uso y costumbres de otras viviendas aledañas a la estudiada, se pudo concluir que:

- Las familias son de clase media baja, el nivel de educación de los jefes de familia es en el mejor de los casos Técnico (mando medio: electricista, albañil, mecánico, técnico en refrigeración, modista, etc.).
- El promedio de personas por vivienda es de 4,73.
- El promedio de artefactos incandescente por vivienda es de 3,63.
- El 90% de las viviendas cuenta con ducha eléctrica.
- Todas las viviendas cuentan con refrigerador.
- El 45% de las viviendas tiene un consumo mensual en kWh superior a 150 kWh. establecido por la ANDE como consumo social.

2.4 Medidas experimentales

En función de los datos obtenidos, se han implementado en la vivienda estudiada las

siguientes medidas experimentales:

- Instalación de un colector solar térmico en sustitución de la ducha eléctrica.
- Lámparas ahorradoras de energía, en sustitución de las bombillas incandescentes.

Las medidas experimentales se implementaron en la vivienda entre el 16 y 19 de abril de 2008. A partir de esta fecha se registraron lecturas periódicas del consumo eléctrico mediante lecturas del medidor. El consumo eléctrico de la vivienda con las medidas implementadas se detalla a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4 – Consumo energético diario con las mejoras

Artefacto	Potencia W	Cantidad	Hs/día	Consumo /mes kWh/mes	Consumo día kWh/día
Heladera	300	1	7.5	67.5	2.25
Licuadaora	300	1	0.15	1.35	0.045
Televisor	34	1	8	8.16	0.272
Ventilador Techo	80	4	3	28.8	0.96
Lavarropas	0.31	1	35	10.85	0.36
Focos bajo consumo	11.5	10	5	17.25	0.2875
Fluorescente	40	1	5	6	0.2
Equipo música	100	1	1	3	0.1
Computadora	220	1	0.5	3.3	0.11
Ducha eléctrica	4400	0	0	0	0
CONSUMO TOTAL				146.21	4.59

Fuente: Elaboración propia (2008)

Los resultados obtenidos para la simulación con las mejoras con el programa *Designbuilder* se ven reflejados en la Figura 2 a continuación:

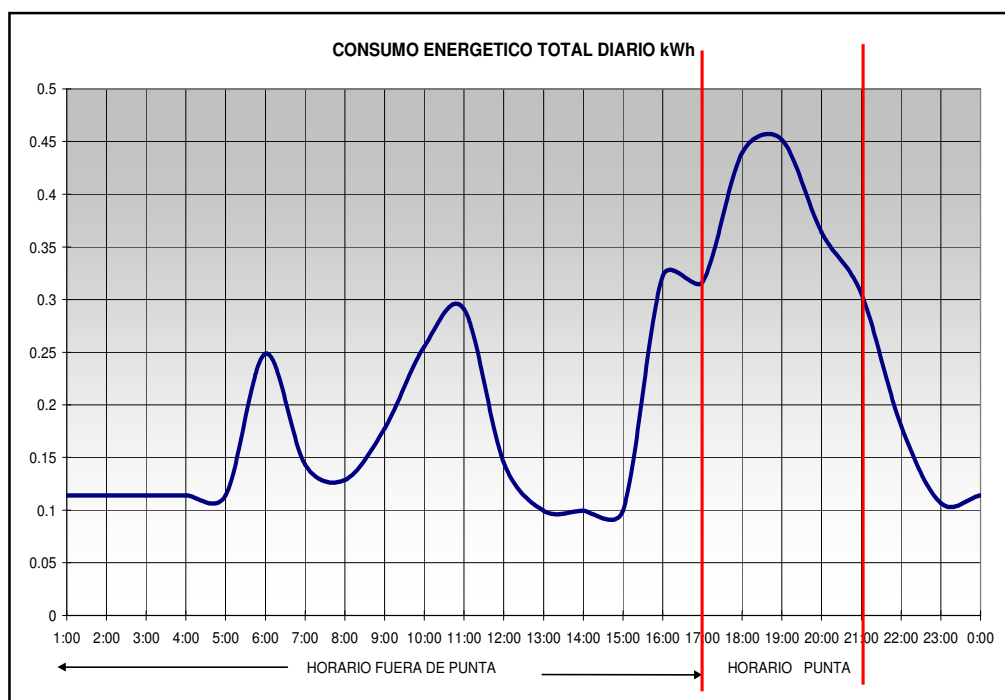


Figura 2 – Consumo energético diario total (kWh)
Fuente: Elaboración propia – *Designbuilder* (2008)

La simulación fue realizada para un día en el cual la familia ha desarrollado todas sus actividades usuales, pudiendo considerarse por tanto un día común dentro de la rutina familiar, en este caso el 10 de mayo 2008, y para el efecto se han considerado las demandas de energía eléctrica en cada ambiente conforme al uso y costumbres diarias.

Una alternativa para mejorar el confort térmico, disminuir el uso de la ventilación mecánica y utilizar la iluminación natural se plantea al colocar dos ventanas altas triangulares en la zona del pasillo, aprovechando el desnivel de los techos, de manera a favorecer el efecto de convección del aire caliente que se acumula durante las horas del día y tener luz natural en determinados momentos del día (de tarde por la orientación oeste), provocando una succión de aire desde las zonas inferiores. Esta succión se emplea para provocar corrientes de aire en el interior de la vivienda de modo que produzcan mejores condiciones de confort.

En este contexto se realiza la simulación con el programa *DesignBuilder* y los resultados se ven reflejados en la Figura 3.

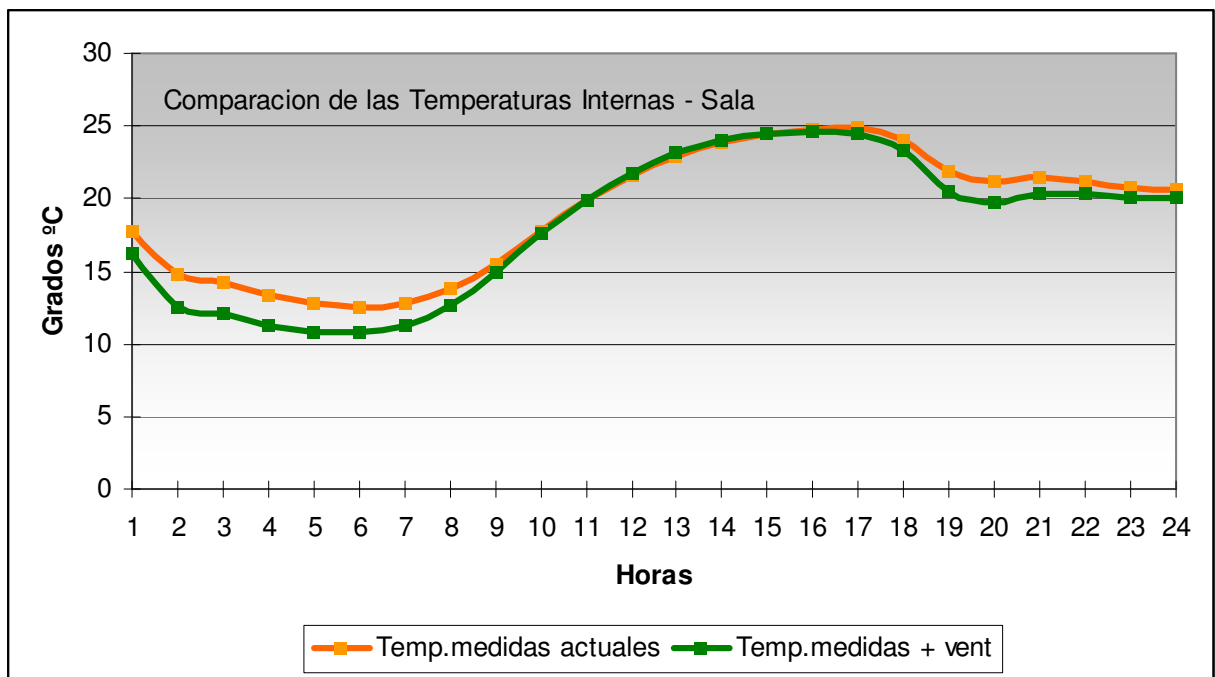


Figura 3 – Comparación de las temperaturas internas en la Sala
Fuente: Elaboración propia – *Designbuilder* (2008)

Los resultados obtenidos mediante la simulación demuestran que se consigue disminuir sensiblemente el consumo energético diario (aproximadamente 0.30 kWh por día) y el consumo mensual arroja un ahorro posible de 8.71 kWh/mes. Además, comparando los valores de las temperaturas del aire interior en la sala con las medidas experimentales implementadas a la fecha y agregando la opción de ventilación natural se observa que se obtiene una disminución de la temperatura del aire durante la mañana y a partir de las 17

horas, es decir se logra una mejora del confort térmico (la disminución de la temperatura en promedio durante un día es de 1°C) y por tanto del bienestar familiar.

3 ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Uno de los aspectos relevantes de cualquier mejora energética para el horizonte marcado es el hecho de evaluar las inversiones necesarias para llevarlo a cabo. La valoración de las inversiones se realiza en base al escenario de ahorro previsto para el horizonte del plan. En el caso de este proyecto de energías renovables, consiste en general en inversiones que se realizan en el presente con la intención de obtener ahorros futuros, derivados de la disminución de costes energéticos tradicionales. (AGUER, 2004).

La evaluación del proyecto consiste en establecer criterios para identificar y cuantificar costes y beneficios durante toda la vida del proyecto.

Considerando un horizonte de 10 años y una tasa de retorno mínima aceptable (TRMA) del 10 %, se tiene una TIR de 13,41 % y VAN Gs. 671.160.

Considerando que el Barrio Comunitario Kuarahy Rese, cuenta actualmente con 215 viviendas terminadas y 85 viviendas en construcción cuya entrega está prevista para el 2009, totalizando 300 viviendas unifamiliares económicas, y siendo que el ahorro promedio estimado de cada vivienda estaría en torno de los 100 kWh/mes (mayormente en el horario de punta), si se implementaran las medidas de ahorro energético en todas las viviendas del barrio comunitario, se estaría ahorrando 30.000 kWh /mes , o 1.000 kWh / día que equivalen a 1 MWh / día. El ahorro en el pago de la facturación eléctrica, considerando la tarifa vigente, de todo el barrio comunitario con la implementación de mejoras de eficiencia energética sería de aproximadamente Gs. 14.500.000.- al mes

Este ahorro permitiría reducir la potencia contratada por la estatal en el segmento horario de punta, así la unidad consumidora estaría funcionando adecuadamente cuando los valores de demanda de potencia registrados, contratados y facturados tuvieran el mismo valor, así se estaría pagando por lo que realmente se necesita y evitando sobrecostos en los pagos por la energía.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se ha demostrado en este trabajo, es posible lograr la reducción de los costos por consumo energético de la vivienda con la implementación de varias alternativas de uso eficiente de la energía, las cuales no representan una disminución del confort ni comprometen el buen desempeño de las actividades visuales.

La demostración del planteamiento de partida se desarrolló a partir del seguimiento de uso y el análisis del consumo, identificando los diferentes factores que inciden en él. La metodología de análisis puede ser aplicada a viviendas o edificios nuevos o existentes.

La demanda de ACS se presenta de forma continua en el tiempo y casi constante (ligeramente inferior en verano) durante todo el año. Con estas características el aprovechamiento de la energía solar es elevado. Entre el 90 y 95% de las necesidades energéticas de ACS de la vivienda están cubiertas con la energía del sol, considerando el elevado rendimiento del colector solar y la radiación solar local.

El estudio permite afirmar que es posible establecer una propuesta constructiva y tecnológica para mejorar el confort, reducir costos y minimizar el impacto ambiental de la edificación.

Conforme al análisis económico es posible amortizar la inversión en el término de 8 años y medio. Es importante señalar que los sistemas energéticos deben ser evaluados en una escala más amplia, incluyendo en los cálculos tanto al hombre como a la naturaleza y la economía humana.

El escenario energético se presenta como una creciente limitación de la oferta de energía a bajos precios o cuestiones de carácter ambiental, porque asociado a las pérdidas y desperdicios de energía, siempre existen impactos ambientales, como la contaminación atmosférica y de los recursos hídricos. Es así que en la oferta de energía, existen restricciones de orden financiero y ambiental que se conjugan de modo a incrementar los costos energéticos y se avizora una perspectiva preocupante de desfase entre la disponibilidad y la demanda energética, en estas condiciones se enfatiza la importancia del uso racional de la energía.

La mayoría de esfuerzos (económicos, tecnológicos, etc.) que buscan responder a la problemática del consumo de energía y el impacto asociado de la edificación, tienden a trabajar sobre la oferta de soluciones tecnológicas de sistemas que atiendan la demanda energética de las viviendas, soluciones generalmente traducidas en sistemas que consumen energía y reafirman la dependencia de las viviendas de los sistemas externos.

No se han desarrollado aun todas las posibilidades para atender suficientemente a la demanda energética, desde el punto de vista de la demanda, factor que adquiere mayor relevancia al considerar inicialmente la reducción del consumo, una menor dependencia de sistemas activos, y un incremento en el rendimiento y eficiencia de los mismos.

En las condiciones actuales el usuario seguirá siendo un simple espectador, obligado a vivir en unas condiciones muchas veces ajenas a sus necesidades, a sus posibilidades y lo que es peor (si damos un simple vistazo a la situación de los recursos naturales y a la dependencia

de nuestro esquema económico), ajenas a la realidad social y económica de la sociedad en que vive.

Esta propuesta tendrá mayor impacto en la medida que exista contribución de las unidades habitacionales, que se expresen como un resultado conjunto. Usar bien la energía es una inversión rentable y de bajo riesgo.

REFERENCIAS

AGUER, M. et al. **El Ahorro Energético - Estudios de viabilidad económica**, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, 2004, 121 p.

ALÍAS, H.; JACOBO, G. **Construcción sostenible. Materiales de construcción energética y ambientalmente eficientes en el nordeste de Argentina**. Boletín CF+S, n. 35, 2007, 16 p.

BOUILLE, D. CEPAL. **Lineamientos para la regulación del uso eficiente de la energía en Argentina**. Santiago, Chile: CEPAL, marzo. 1999, 70 p.

DESIGNBUILDER – **Simulation Software** - <http://www.designbuilder.co.uk/>

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

MONTORO MARCO, J. **Guía de las Buenas Practicas de Eficiencia Energética en Edificaciones**, Agencia de la Energía de Castilla- La Mancha, España, 2004.

QUADRI, N. **Energía Solar**. Buenos Aires, Argentina, 2005.

SERRA F., R. et al. **Arquitectura y Energía Natural**. Ediciones Universitat Politècnica de Catalunya y Alfaomega, México, 2005.

REY M., F. J. et al. **Eficiencia Energética en Edificios**”, Editorial Thomson, Madrid, España, 2006.

ANEXOS – DOCUMENTACION FOTOGRAFICA

Barrio comunitario



Viviendas Familiares pareadas



MEDIDAS

EXPERIMENTALES IMPLEMENTADAS

Colector solar instalado en la vivienda



Lamparas de Bajo Consumo



Panel Digital del Colector - Temperatura del Agua

