

EVALUACION TERMICA Y ECONOMICA DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS CON TECNOLOGÍAS DISPONIBLES, EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA REGIÓN DE MENDOZA.

Arboit, Mariela¹; Arena, Pablo² y de Rosa, Carlos³

Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA). Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Tel. 0261-5244054 –e-mail: marboit@lab.cricvt.edu.ar

RESUMEN: La implementación de estrategias de diseño bioclimático para acondicionamiento térmico de edificios, posibilitaría reducir el consumo de combustibles fósiles en medida que es necesario conocer con precisión. El estudio intenta determinar la factibilidad técnico-económica integrando la mayor eficiencia energética, la mayor rentabilidad económica y el menor impacto ambiental. Se espera determinar los sistemas constructivos más adecuados para la región optimizando la tecnología utilizada en la envolvente del edificio, se considera como parte de la misma: cubiertas, muros exteriores, fundaciones, ventanas y puertas exteriores que permitirían minimizar las pérdidas por trasmisión de los componentes constructivos y por infiltración. El presente trabajo elabora un ranking de las mejores alternativas tecnológicas, para cada componente constructivo, considerando la resistencia térmica de los materiales, los costos de materiales y mano de obra y la relación entre la inversión convencional, inversión en reciclaje e inversión solar. Con el objetivo de unificar en un solo análisis las diversas variables, en una segunda etapa, se evalúan térmica y económicamente dos tipologías de vivienda social determinando el comportamiento energético mediante la utilización del Método Relación Carga Colector, de Los Alamos National Laboratory (LANL). Posteriormente se analiza el costo de inversión y el ahorro energético para las diversas alternativas. El estudio permitirá en el futuro incorporar la utilización de indicadores económicos usuales: relaciones costo-beneficio, sobrecostos de construcción, costo de los combustibles, análisis de Ciclo de Vida (ACV), análisis económico ordinario de rentabilidad de inversiones y análisis de costos totales durante el Ciclo de Vida (CCV).

Palabras clave: evaluación energética, reciclaje, conservación, aporte solar, factibilidad económica.

INTRODUCCION

El uso de la energía en el ambiente construido es, sin lugar a dudas, uno de los aspectos esenciales a ser abordados por planificadores y diseñadores para alcanzar en medianos y largos plazos la sostenibilidad energética y ambiental de los medios urbanos. El consumo de la energía en la edificación es principalmente dependiente de las condiciones del clima urbano y de la morfología urbana y edilicia.

Mientras que los avances en tecnologías edilicias energéticamente eficientes ofrecen una contribución significativa y bien conocida en este sentido, la eficiencia económica presenta una problemática de alta complejidad, y en constante transformación.

Los componentes constructivos, deben ser analizados para poder minimizar el malgasto de energía y maximizar el uso potencial de energías renovables, fundamentalmente la radiación solar en edificios. (Basso, 2003; Fernández, 2001).

En los entornos urbanos de baja densidad los sistemas de calefacción de espacios están significativamente limitados por la morfología edilicia. A pesar de que la región estudiada cuenta con un generoso recurso solar, el problema de la sustentabilidad energético- ambiental se agrava progresivamente por falta de una normativa adecuada. En el análisis de la matriz de consumo el sector edilicio residencial provincial representa el 27.7% de la demanda energética total (59.8 % Gas Natural, 11.2% Gas Envasado, 15.5% Electricidad, 10.7% Leña y 2.8% otros) con una eficiencia (Consumo Neto/Consumo Útil) del 55%. Del 100% de energía utilizada en el sector, el 41,1% es utilizada para calefacción y el 32,6% para calentamiento de agua. En enfriamiento y refrigeración el consumo es del 0,5% (Ministerio de Ambiente y Obras Públicas, 1998).

La zona definida para este estudio es el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), con una población aproximada de un millón de habitantes. La región se sitúa en el Centro Oeste de Argentina, a -32.85 latitud, 68.85 longitud y 870 m.s.n.m. Se utilizarán los valores climáticos principales: i. horas anuales: en confort 21,5%, calefacción necesaria 70,00%, enfriamiento necesario 8,5%, ii. grados-día anuales: calefacción (B18) 1384, enfriamiento (B23) 163, iii. Radiación solar global media anual: 18,06 MJ/m² día.

¹ Becaria de Formación Doctoral CONICET

² Investigador Asistente CONICET

³ Investigador Principal CONICET

METODOLOGÍA

La metodología de análisis se desglosa en dos etapas: 1. Determinación de la eficiencia económica de componentes constructivos y 2. Evaluación energética económica de dos tipologías usuales de viviendas sociales.

1. EFICIENCIA ECONÓMICA COMPARATIVA DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS.

Determinación de Indicador: se propone el estudio de los costos de componentes constructivos con tecnologías disponibles en viviendas unifamiliares en la región. Se analizan comparativamente los costos (C) de cada componente de las envolventes (\$/m²), con las características de conservación de energía de los mismos: R (m²°C/W), por unidad de superficie (m²), obteniéndose un Factor de Eficiencia Económica de los componentes. (FEE), (R/C)

$$FEE = \frac{R_{\text{(resistencia)}} \text{ (m}^2\text{°C/W)}}{C_{\text{(costos)}} \text{ ($/m}^2\text{)}}$$

Los valores unitarios de estrategias de conservación disponibles fueron consignados en un listado correspondiente al 01/03/08 y actualizados al 01/06/08 con un incremento medio uniforme del 15 %. En las tablas se los considera como Costo 1 (C1) y Costo 2 (C2), respectivamente, dando lugar a dos valores de Eficiencia Económica: E1 y E2.

Los valores de costos de materiales y mano de obra fueron proporcionados por especialistas del área de Cómputos, y Presupuestos de la Dirección de Obras y Servicios de la Universidad Nacional de Cuyo.

Determinación de tecnología de los componentes edificios: (cubiertas, muros exteriores, fundaciones, ventanas y puertas). La principal fuente de información fue el relevamiento de las tipologías constructivas más usuales en la región, de las que existen varias alternativas tecnológicas para las envolventes.

Se analizan los costos de componentes y los valores de FEE, para 3 posibilidades en cada caso: 1. Componentes convencionales, 2. Componentes convencionales + reciclaje energético, 3. Componentes conservativos (solar):

1. Convencionales:
 - Cubiertas: livianas y pesadas con aislación térmica mínima usual.
 - Muros exteriores: de ladrillón (soga) y ladrillo común (cabeza) s/ aislación térmica, 2 revoques
 - Fundaciones perimetrales convencionales s/aislación térmica
 - Ventanas: metálicas, 1 vidrio, doble contacto, s/burletes, sin Aislación Nocturna, con cortina interior.
 - Puerta exterior: placa de madera, simples contactos.
2. Componentes convencionales + reciclaje energético
 - Cubiertas: aislación interior en tres niveles y 2 tipos de protección Interior: machimbre y placas de yeso.
 - Muros exteriores: sobre convencionales: 3 niveles de aislación y 2 tipos de protección.
 - Fundaciones perimetrales: 1 nivel de aislación térmica, vertical sobre zapata.
 - Ventanas: reemplazo de convencional por conservativa.
 - Puerta exterior: idem ventanas.
3. Componentes conservativos- solares
 - Cubiertas: livianas y pesadas con 3 niveles de aislación térmica
 - Muros exteriores: ladrillón (soga) y ladrillo común (soga interior y exterior), 3 niveles de aislación térmica y 2 tipos de protección exterior de la aislación: revoque sobre azotado de concreto sobre metal desplegado, ladrillo común (soga) y ladrillo de prensa (soga).
 - Fundaciones perimetrales: 1 nivel de aislación térmica.
 - Ventanas: metálicas, 2 vidrios, doble contacto, burletes, AN (cortina de enrollar de PVC), con cortina interior de tela.
 - Puerta exterior: doble machimbre pino con aislación intermedia (e=0.025 m) dobles contactos, burletes.

2. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE DOS TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA SOCIAL.

El desarrollo de la segunda etapa del trabajo se basa en la integración del comportamiento energético de dos tipologías de viviendas de interés social y el análisis económico, con el objeto de analizar el equilibrio entre costo-calidad-y eficiencia. Las viviendas en estudio fueron diseñadas en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. (de Rosa et al., 1993)

Para cada tipología se estudia la situación: 1. Convencional (niveles usuales de conservación de energía), 2. Reciclaje: Convencionales + reciclaje energético (adicionando aislación térmica en los componentes de la envolvente) y, 3. Conservativa-Solar: Conservativa + Solar (aumentando superficie de aberturas al Norte y disminuyendo la transmitancia térmica de los componentes de la envolvente).

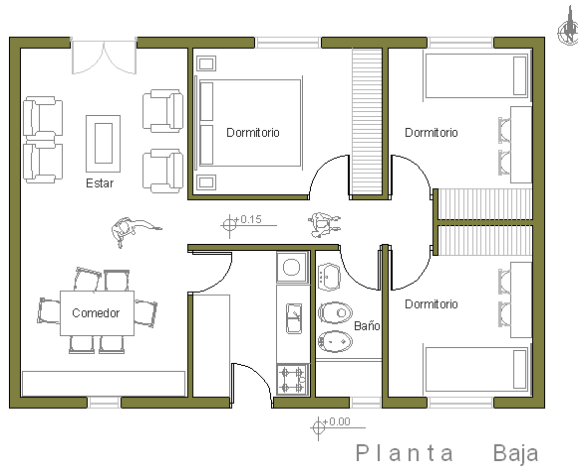
Se consideran las siguientes variables:

a. Variables Energéticas: el cálculo del comportamiento energético se realizó aplicando el Método Relación Carga-Colector (RCC) de Los Alamos National Laboratory, (LANL) (Balcomb et al., 1982), que permite calcular la contribución solar: Fracción de Ahorro Solar (FAS) para reducir la carga térmica de invierno. Se obtiene un balance entre la energía ganada por sistemas solares pasivos y las pérdidas de energía a través de los componentes opacos y transparentes de la envolvente y las debidas a la infiltración.

b. Variables Económicas: en el análisis económico para cada prototipo de vivienda se consideran las variables de costos de materiales y mano de obra de los componentes constructivos de la envolvente (techos, muros exteriores, fundaciones perimetrales, ventanas al norte, ventanas al S + puerta, puerta acceso), sin considerar el valor del terreno ni el diseño interno de las viviendas (terminaciones e instalaciones).

c. Variables morfológicas edilicias: las características de las tipologías seleccionadas se presentan a continuación:

Vivienda: 1 Planta



COMPONENTE	AREA (m2)
1- Techos	63.50
2- Muros Exteriores	70.00
3- Fundaciones Perimetrales	32.40
4- Ventanas al Norte	5.10
5- Ventanas al S+puerta vidrio	2.27
6- Puerta acceso	1.89

Vivienda: 2 Plantas



COMPONENTE	AREA (m2)
1- Techos	31.76
2- Muros Exteriores	117.62
3- Fundaciones Perimetrales	22.61
4- Ventanas al Norte	6.48
5- Ventanas al S+puerta vidrio.	3.24
6- Puerta acceso	1.89

RESULTADOS

1. EFICIENCIA ECONÓMICA COMPARATIVA DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

Cubiertas: Se han analizado y procesado los datos de los costos por ítem; identificando en valores la incidencia de todos los componentes que determinan el comportamiento termo-energético de las cubiertas. Obteniéndose el Factor de Eficiencia Económica de componentes, (R/C).

Se consideraron 5 alternativas tecnológicas en orden decreciente de eficiencia energética: I. Cubierta de Madera: correas y machimbre de álamo con aislación de poliestireno expandido; II. Losa de Premoldeada con aislación de poliestireno expandido.; III. Losa de H° A° in situ (espesor 10,00 cm.) con aislación de poliestireno expandido; IV. Cubierta Metálica: Chapa de aluminio trapezoidal perforada con aislación de poliuretano inyectado; V. Cubierta Metálica: Chapa de aluminio trapezoidal perforada con aislación de membrana atérmica. (Figura 1 y 2)

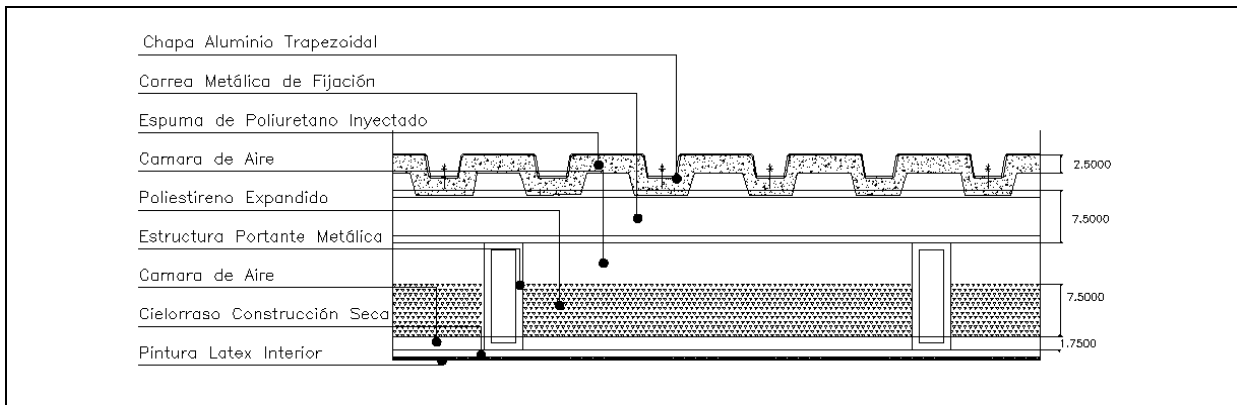


Figura 1: Detalle Cubierta Liviana de Chapa de Aluminio Trapezoidal (Reciclado). Aislación de Poliuretano Inyectado.

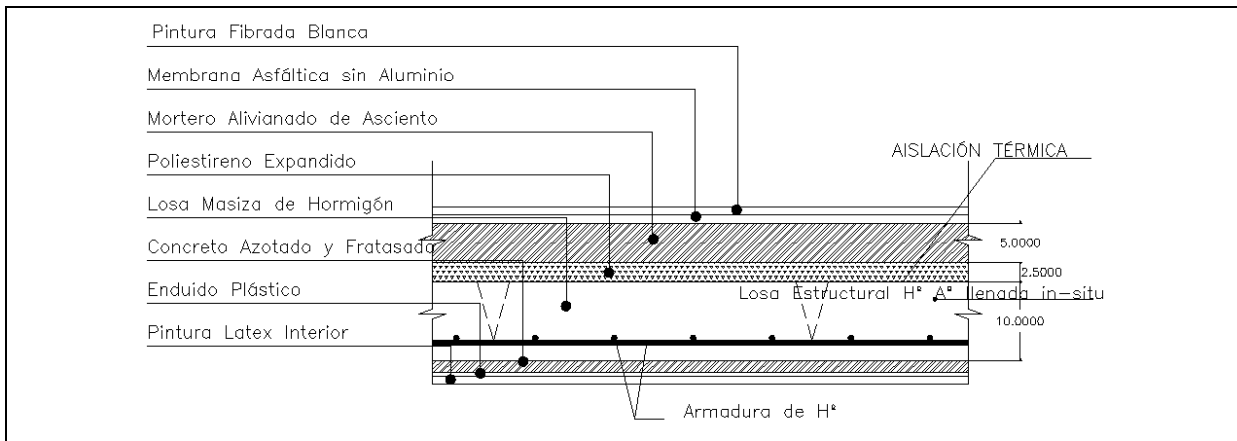


Figura 2: Detalle Cubierta Pesada de losa de H° A° (Conservativa). Aislación de Poliestireno Expandido.

Analizando comparativamente los resultados de los costos (C) de cada componente de las cubiertas (\$/m²), con las características de conservación de energía de las mismas: R (m²°C/W), la cubierta liviana de madera posee el valor más alto de E1 de 0,83; el costo por unidad de superficie (m2) es de \$ 374,340 y la resistencia de 3,133 m² °C/ W, este sistema es 53.2% más eficiente que las cubierta liviana metálica de chapa de aluminio con aislación de membrana atérmica y 4.4% mas eficiente que la segunda opción: Losa premoldeada. (Figura 3)

La opción de conservación siempre es más eficiente económicamente que la opción de reciclado.

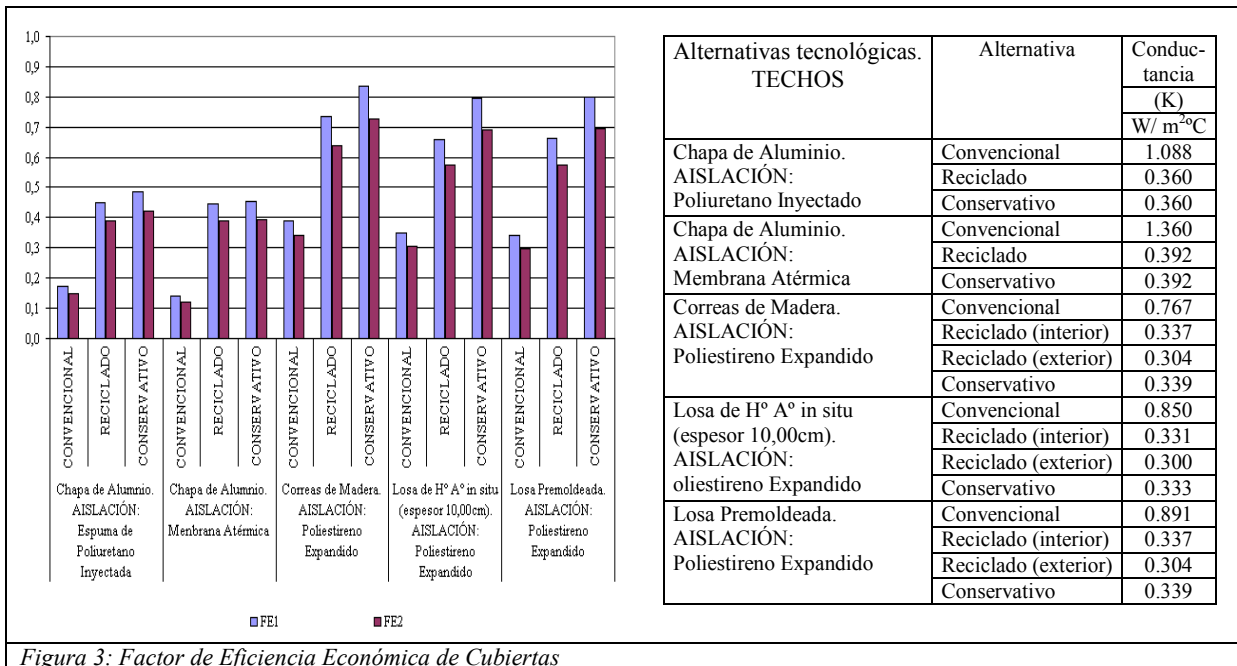


Figura 3: Factor de Eficiencia Económica de Cubiertas

Muros: Se han analizado cuatro alternativas: Ladrillón 0.18 m, Ladrillon 0.28 m, Ladrillo Común 0.125 m, Ladrillo de cabeza 0.26 m. La Eficiencia Energética para la alternativa muros de ladrillón común conservativa (espesor = 0.18 m) es 71.20 % mayor a la convencional (Tabla 1). Comparada con la alternativa de menor eficiencia en la construcción de muro convencional (ladrillon común 0.26 m) estos valores ascienden a un 73.49 %. La Figura 4 muestra el Factor de Eficiencia Energética para cada alternativa, en donde la aislación térmica adquiere una importancia fundamental en la conservación de energía.

La alternativa de construcción convencional más eficiente en muros es la alternativa de doble muro de ladrillo común de 0.125 m de espesor con aislación intermedia de poliestireno expandido. Si se comparan los resultados, ésta alternativa es 53.28% mas eficiente que la construcción convencional de muros de 0.18 m.

Tabla 1: Análisis de muro conservativo de Ladrillón Común (18.00cm) con aislación de Poliestireno Expandido.

CONSERVATIVO											
	FUNCION Y MATERIAL	DENSIDAD	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD	RESISTENCIA	CONDUCTANCIA	COSTO 1	COSTO 2	E1	E2	
		(d) Kg/m ³	(e) m	(k) W/m°C	(e/k) m ² °C/ W	(K) W/ m ² °C	(C) \$/ m ²	(C) \$/ m ³	(R/C) W/°C \$	(R/C) W/°C \$	
1	Coefficiente Pelicular Exterior				0,050						
2	Pintura Exterior						16,80	19,32	0,000	0,000	
3	Revoque Exterior	1900,00	0,020	0,890	0,022		21,93	25,22	0,001	0,001	
4	Azot. de conc.s/met. desplegado	1900,00	0,025	0,890	0,028		25,22	29,00	0,001	0,001	
5	Poliestireno Expandido	15,00	0,075	0,041	1,829		38,90	44,73	0,047	0,041	
6	Listones de álamo cada 60cm.						20,00	23,00	0,000	0,000	
7	Ladrillón	1800,00	0,180	0,810	0,222		79,93	91,92	0,003	0,002	
8	Revoque Interior	1900,00	0,020	0,890	0,022		21,93	25,22	0,001	0,001	
9	Pintura Interior						16,08	18,49	0,000	0,000	
10	Coefficiente Pelicular Interior				0,111						
TOTALES					2,286	0,438	240,790	276,909	0,053	0,046	
									EFI. ECO.	0,949	0,825

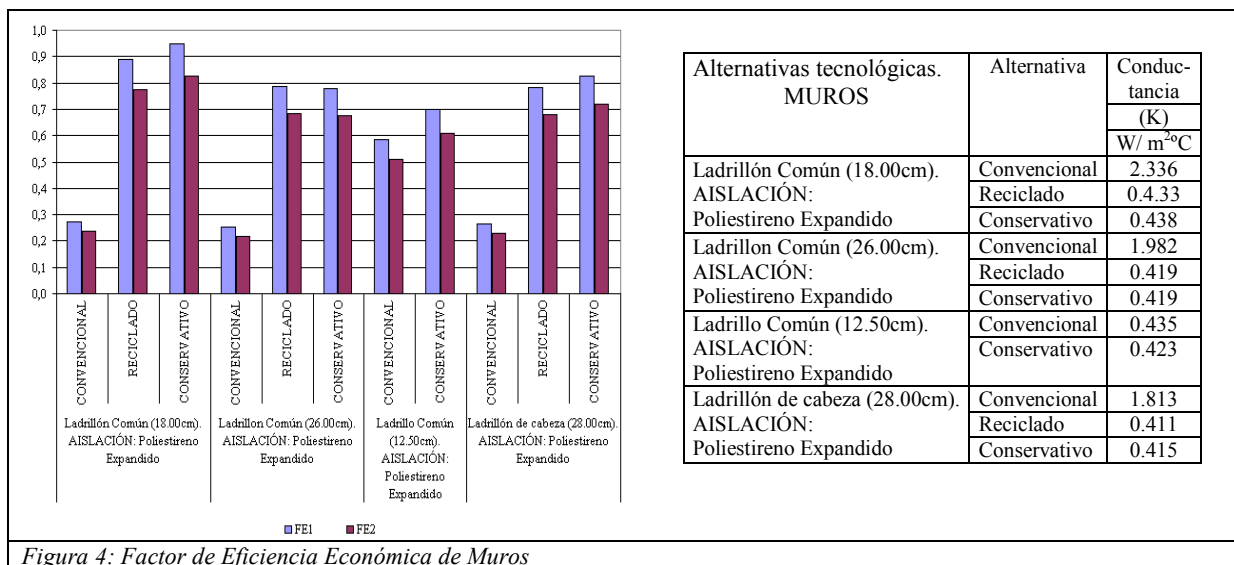


Figura 4: Factor de Eficiencia Económica de Muros

Fundaciones Perimetrales: en el caso de los cimientos, su conductancia exterior está condicionada por las características del suelo. Existe una diferencia de 1.83% de eficiencia entre la alternativa de reciclar y la alternativa conservativa. El efecto térmico del suelo reduce las fluctuaciones diarias y estacionales de temperatura, manifestándose en épocas invernales temperaturas de suelo mayores a las del ambiente exterior por lo que la alternativa convencional es sólo un 31% menos eficiente económicamente que la conservativa (Figura 5). Por lo tanto la alternativa de aprovechar las características del suelo es una estrategia a considerar teniendo en cuenta la profundidad de la cimentación, la forma de vinculación a la tierra y el tipo de suelo. El aporte del suelo a la estrategia conservativa hace que la eficiencia económica de la alternativa conservativa- solar sea sólo ligeramente más eficiente.

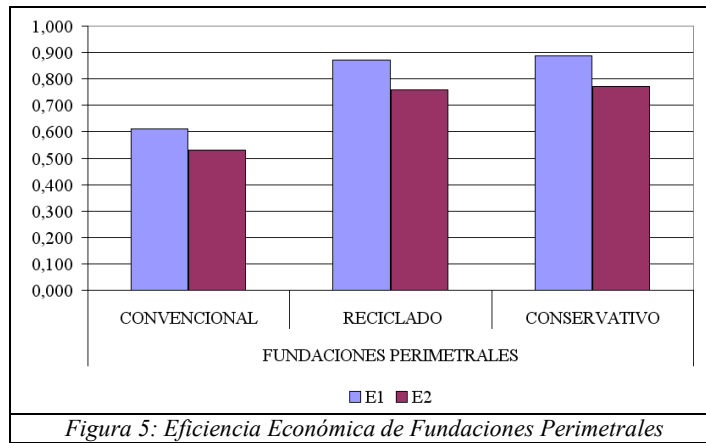


Figura 5: Eficiencia Económica de Fundaciones Perimetrales

Puertas: el costo de la puerta es un 29,375% mayor para el caso conservativo con una diferencia de E1 del 32,01%. En el caso de las ventanas: el costo de la ventana conservativa es 11,59% mayor que la convencional pero la eficiencia económica es 32.13% mayor debido resistencia que aporta la protección exterior (cortina de PVC) posibilitando la conservación de energía, los burletes que reducen las pérdidas por infiltraciones aportando un valor mayor de estanquidad y el doble vidrio que contribuye a reducir las pérdidas por conducción. (Figuras 6 y 7)

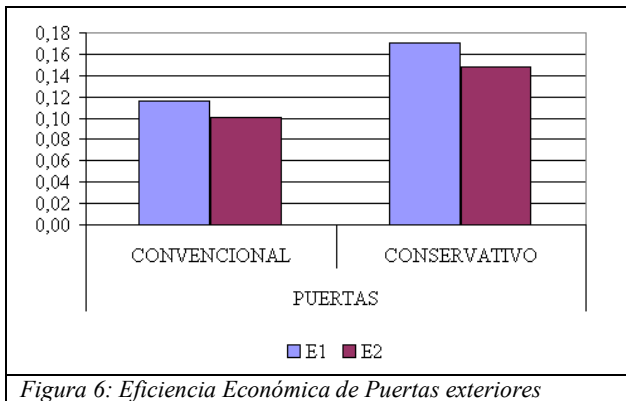


Figura 6: Eficiencia Económica de Puertas exteriores

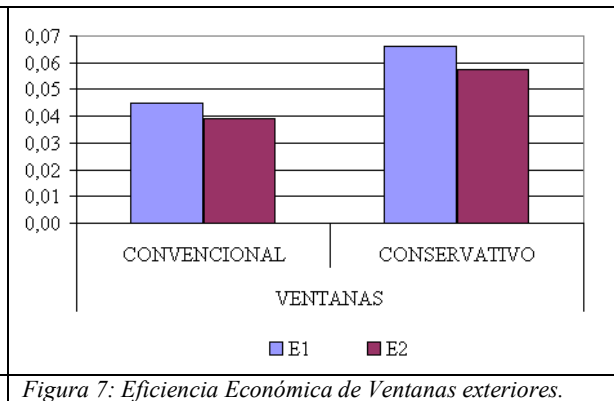


Figura 7: Eficiencia Económica de Ventanas exteriores.

2. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE DOS TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA SOCIAL.

Se presentan a continuación Tabla 2 y 3 los resultados de las viviendas analizadas.

Tabla 2: Evaluación Térmica de la Vivienda 1

COMPONENTE	AREA (m2)	CONVENCIONAL		RECICLADO		CONSERVATIVO - SOLAR		
		K (w/m2 °C)	Q (w/°C)	K (w/m2 °C)	Q (w/°C)	AREA (m2)	K (w/m2 °C)	Q (w/°C)
1- Techos	63.50	1.09	69.09	0.36	22.86	63.50	0.36	22.86
2- Muros Exteriores	70.00	2.34	159.08	0.44	29.82	64.94	0.44	28.40
3- Fundaciones Perimetrales	32.40	0.71	23.04	0.42	13.44	32.40	0.42	13.44
4- Ventanas al Norte	5.10	4.50	29.16	2.70	17.49	9.53	2.70	26.33
5- Ventanas al S + puerta	3.24	4.50	14.58	2.70	14.58	3.20	2.70	14.58
6- Puerta acceso	1.89	1.91	3.61	0.92	1.74	1.89	0.92	1.74
7- Infiltraciones	158.76		124.82		41.61			41.61

Infiltraciones:= Vol*0.91*0.288*3 RAH

Tabla 3: Evaluación Térmica de la Vivienda 2

COMPONENTE	AREA (m2)	CONVENCIONAL		RECICLADO		CONSERVATIVO - SOLAR		
		K (w/m2 °C)	Q (w/°C)	K (w/m2 °C)	Q (w/°C)	AREA (m2)	K (w/m2 °C)	Q (w/°C)
1- Techos	31.76	1.088	34.544	0.36	11.43	31.76	0.66	11.43
2- Muros Exteriores	117.62	2.34	159.08	0.44	29.82	99.84	0.44	28.40
3- Fundaciones Perimetrales	22.61	0.71	23.04	0.42	13.44	22.61	0.42	13.44
4- Ventanas al Norte	6.48	4.50	29.16	2.70	17.49	13	2.70	26.33
5- Ventanas al S + puerta	3.24	4.50	14.58	2.70	14.58	2.89	2.70	14.58
6- Puerta acceso	1.89	1.91	3.61	0.92	1.74	1.89	0.92	1.74
7- Infiltraciones	158.77		124.83		41.61			41.61

Infiltraciones:= Vol*0.91*0.288*3 RAH

Tabla 4: Valores de las variables energéticas de ambas tipologías de vivienda.

	VIVIENDA 1			VIVIENDA 2		
	CONVEN.	RECICL.	CONS. SOLAR	CONVEN.	RECICL.	CONS. SOLAR
CGP (w/°C)	423.38	141.53	148.94	388.84	130.11	137.52
CVP: G (w/°Cm3)	2.67	0.89	0.94	2.45	0.82	0.87
CNP -Vent. N (w/°C)	394.22	124.04	122.62	359.68	112.62	111.19
AC (m2)	5.1	5.1	9.53	6.48	6.48	13
RCC= CNP/AC (wm2/°C)	77.3	24.32	12.87	55.51	17.38	8.55
FAS (Fracción de ahorro solar)	0	0.46	0.64	0	0.56	0.76

El Calor Auxiliar Necesario para la alternativa reciclada es de un 83 % inferior al de la convencional, y de un 89 % para la conservativa-solar, en la vivienda 2. Para la vivienda 1 estos valores ascienden a un 86 y un 93 % respectivamente. Las Figuras N° 8 y 9 muestran el Calor Auxiliar Necesario para cada alternativa.

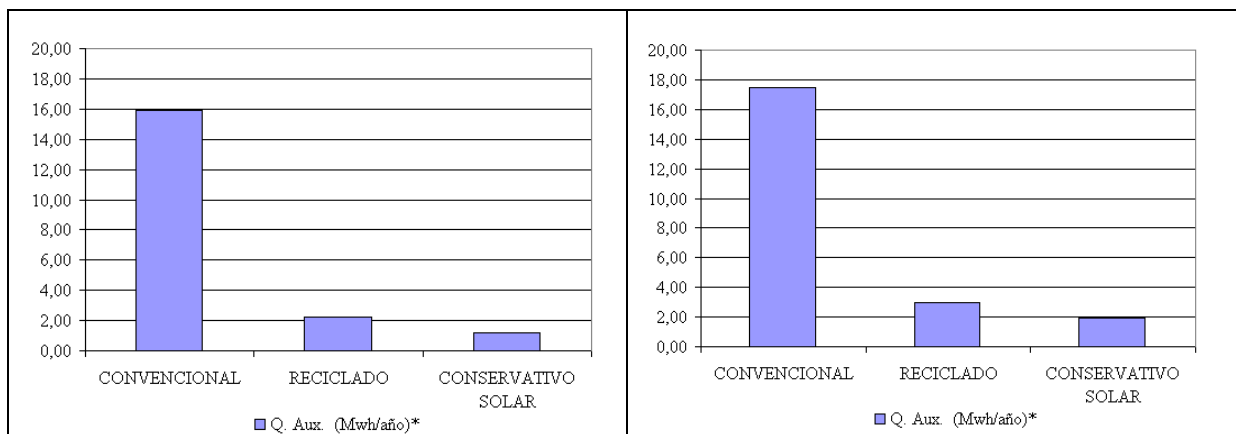


Figura 8: Calor Auxiliar Necesario. Vivienda 1

Figura 9: Calor Auxiliar Necesario. Vivienda 2

*Q Aux. (KWh / año) = 24 (horas) x GD (grados-día anuales de calefacción base 18 °C= 1384) x CNP (Wh año x 10⁻³) x 1 - FAS (como fracción)

Tabla 5: Costos unitarios y totales por componentes constructivos. Vivienda 1

Vivienda 1		CONVENCIONAL		RECICLADO		CONSERVATIVO - SOLAR		
COMPONENTE	AREA (m2)	por metro (\$)	Total (\$)	por metro (\$)	Total (\$)	AREA (m2)	por metro (\$)	Total (\$)
1- Techos	63,50	614,22	39002,65	709,68	45064,36	63,50	658,95	41843,33
2- Muros Exteriores	70,00	180,17	12611,94	298,45	20891,36	64,94	276,91	17982,44
3- Fundaciones Perimetrales	32,40	264,44	8567,94	317,86	10298,66	32,40	312,03	10109,76
4- Ventanas al Norte	5,10	570,16	2907,81	644,93	3289,14	9,53	644,93	6146,19
5- Ventanas al S + puerta	2,27	570,16	1293,12	644,93	1462,70	3,20	644,93	2063,78
6- Puerta acceso	1,89	519,80	982,42	736,00	1391,04	1,89	736,00	1391,04
Total Costos			\$ 65365,87		\$ 82397,27			\$ 79536,52

Tabla 6: Costos unitarios y totales por componentes constructivos. Vivienda 2

Vivienda 2		CONVENCIONAL		RECICLADO		CONSERVATIVO - SOLAR		
COMPONENTE	AREA (m2)	por metro (\$)	Total (\$)	por metro (\$)	Total (\$)	AREA (m2)	por metro (\$)	Total (\$)
1- Techos	31,76	614,22	19507,47	709,68	22539,28	31,76	658,95	20928,25
2- Muros Exteriores	117,62	180,17	21191,65	298,45	35103,45	99,84	276,91	27646,54
3- Fundaciones Perimetrales	22,61	264,44	5979,04	317,86	7186,81	22,61	312,03	7054,99
4- Ventanas al Norte	6,48	570,16	3694,63	644,93	4179,15	13	644,93	8384,09
5- Ventanas al S + puerta	3,24	570,16	1847,31	644,93	2089,57	2,89	644,93	1863,85
6- Puerta acceso	1,89	519,80	982,42	736,00	1391,04	1,89	736,00	1391,04
Total Costos			\$ 53202,53		\$ 72489,31			\$ 67268,77

El costo de inversión para la alternativa conservativa es de un 26 % superior al de la convencional, y de un 19 % para al solar, en la vivienda 1. Para la vivienda 2 estos valores ascienden a un 36 y un 28 % respectivamente. Las Tablas N° 1 y 2 muestran los costos para cada alternativa.

La diferencia de costos de la alternativa de reciclar, por sí misma, que se agrega sobre el costo de la inversión convencional es de \$ 17.031,40 para la vivienda 1 y de \$ 19.286,78 para la vivienda 2, el valor final de reciclar es el 20% y 26% del valor total de la vivienda con un ahorro de Calor auxiliar necesario del 83% y 86%. Es necesario considerar que el reciclado impone limitantes en viviendas con orientación desfavorable en la que no es posible aumentar la ganancia directa y debe implementarse la estrategia de conservación.

CONCLUSIONES.

La energía solar es una solución viable para los entornos construidos residenciales. Como puede establecerse luego del análisis de resultados de la evaluación energético-económica, cuando se trabaja con un objetivo a mediano y largo plazo resulta inaceptable que una importante cantidad de energía no pueda ser aprovechada.

De las tres estrategias estudiadas para las tipologías de vivienda social: convencional, reciclaje y conservativa-solar la opción conservativa solar resulta la más apropiada, si bien el reciclaje de la vivienda convencional representa un esfuerzo interesante para mejorar las condiciones ambientales, queda aún pendiente, el aprovechamiento de la ganancia directa que está presente en la opción anterior y que aporta la captación solar mediante mayores aberturas al norte, además, la vivienda 2 al tener una morfología compacta disminuye las pérdidas a través de la envolvente, sobre todo las pérdidas a través de la cubierta.

En las viviendas tipo 1 y 2, sigue siendo más económica la alternativa convencional pero aporta grandes perjuicios en el análisis energético con una FAS igual a 0.

Al considerar la eficiencia económica que aporta la reducción de un 89% y 93% del Calor Auxiliar necesario para calefaccionar las viviendas, la vivienda 1 resulta más económica construida en modo conservativa-solar, seguida de la reciclada. En la vivienda 2 la opción conservativa-solar es la más conveniente desde el punto de vista de la evaluación energética.

El estudio permitirá en el futuro el análisis de la efectividad económica de los componentes constructivos evaluada en el tiempo por medio de la actualización cada tres meses de los valores de materiales y mano de obra; además avanzar en el análisis de indicadores económicos usuales incluyendo el análisis del Ciclo de Vida (ACV) y el análisis de costo totales durante el Ciclo de Vida (CCV) que permitan un estudio ampliado en el tiempo de la inversión solar.

REFERENCIAS

- Basso, M., et al. (2003). "Urban morphology and solar potential of the built environment in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing proposals towards a more sustainable energy future". 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 2003, Santiago – Chile, Noviembre.
- Blowers, A. (1993). "Planning for a sustainable environment. A Report by the Town and Country Planning Association". Earthscan Publications Limited. London.
- Breheny, M. (1996). "Centrist, Decentrists and Compromisers in The Compact City". E & FN Spon, London.
- Fernández, J. et al. (2003). "Consecuencias energéticas de las nuevas reformas al código de edificación de la Ciudad de Mendoza" AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- Givoni, B. (1998). "Climate considerations in building and urban design" John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Goulding, J. et al. (1994). "Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook. C.E.C. INNOVAR S.R.L.
- Meadows, D. H., et al. "Beyond the limits". Earthscan Publications Limited. London. 1992.
- Metrogas. Comparación Internacional de Tarifas de Gas Natural para Clientes Residenciales e Industriales a Septiembre 2005. (Metrogas, 2005)
- Ministerio de Ambiente y Obras Publicas. (1998). "Estudio energético integral de la provincia de Mendoza". Mendoza, Argentina.
- Municipalidad de Mendoza (2000). "Código de Edificación", Ordenanza N° 3296/14975/1996".

ABSTRACT: The implementation of bioclimatic design strategies for the thermal conditioning of buildings would allow reductions to the fossil fuels consumption in a measure that requires a precise assessment. The study aims at determining the technical and economic feasibilities that would produce the greatest energy efficiency, the largest cost effectiveness, and the lesser environmental impact. The determination of the most adequate constructive systems for the region is aimed-at, including all building's envelope components and air infiltration's reductions. The study has produced a ranking of the best technological alternatives for each constructive component, considering the thermal resistance of materials, the material's and labour's costs and the relationship between conventional, recycling and solar investments.

With the purpose of including all the intervening variables in a single analysis, two social housing typologies were thermally and economically evaluated. The energy performance was calculated through the use of the LANL's LCR method. Finally, the investment costs and the energy efficiencies for different alternatives were calculated.

The study will allow the future consideration of the useful economic indicators: cost-benefit relationships, construction overcosts, fuel's costs, Life Cycle Analysis (LCA), cost-effectiveness of investments and total Life Cycle Costs (LCC).

Keywords: nergy evaluation, recycling, conservation, solar contribution, economic feasibility.