ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 10, 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE LA TIPOLOGÍA DE MEDIO PATIO. PARTE 2: Elaboración y evaluación de propuestas. Resultados.

Carolina Ganem[1-2], Alfredo Esteves[1] Y Helena Coch[2]
[1]Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina.
Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370, E-mail: cganem@lab.cricyt.edu.ar

[2] Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (CA1-ETSAB)
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) Diagonal 649, 7ma planta. C.P. 08028. Barcelona, España.

RESUMEN: La primera parte de este trabajo desarrolló el diagnóstico cualitativo y cualitativo del confort térmico en viviendas de medio patio. En esta segunda parte se presenta la elaboración y la evaluación de propuestas de rehabilitación ambiental. Las propuestas se presentan en dos etapas de aplicación, atendiendo a económica argentina. Si solo se efectúa la primera etapa la casa se verá beneficiada, aunque no se llegue a concretar la segunda, que proporcionaría la mejora máxima de alcanzar. En invierno se logra incrementar la temperatura en 6ºC en la etapa 1 y en 10ºC con las etapas 1 y 2. En verano, la reducción se estima en 2.5ºC en la primera etapa y 3.5ºC con la aplicación de ambas etapas. Es importante que se tenga en cuenta que el orden de las etapas no es arbitrario y que, de aplicarse a la inversa, el beneficio de la etapa inicial se reducirá y solo se llegará al mismo valor cuando ambas etapas estén concluidas.

Palabras Clave: rehabilitación ambiental, tipología de medio patio, confort térmico, aplicación de propuestas.

1. INTRODUCCIÓN

Se cuenta con el diagnóstico cualitativo y cuantitativo de la vivienda de medio patio objeto de estudio. (ver primera parte de este trabajo) A partir de estos se genera un modelo mediante un programa de simulación el que será verificado con las mediciones realizadas in situ. Esta herramienta posibilita la evaluación de las modificaciones posibles de efectuar para el logro de la mejora en el confort interior. Mediante diversas corridas del programa se definen dos propuestas de rehabilitación ambiental una para invierno y otra para verano. Ambas cuentan con dos etapas de aplicación.

Dichas propuestas se presentan en cuadros en los que se incluyen las características originales de la tipología y las modificaciones propuestas en cada etapa. A partir de las mismas se realiza la simulación de su aplicación cuyos resultados se presentan en forma gráfica. Luego, se genera una síntesis de las temperaturas obtenidas y se calcula el PMV (predicted mean vote) que permite conocer el porcentaje de personas en confort en esa temperatura. Aquí se debe tener en cuenta la adaptación que tienen las personas por vivir desde hace años en este clima y, además que, el beneficio se verá incrementado por el logro de temperaturas más homogéneas en el interior de los espacios.

Metodología

- Procedimiento de Simulación: Existen distintos procedimientos de simulación. Para este trabajo, según la definición de Niklaus Kohler y Uta Hassler (2002), se utilizaron dos aproximaciones complementarias entre sí:

1 – EX POST: el pasado conocido es simulado para validar un modelo.
se presenta el diagnóstico térmico obtenido de la realidad mediante la medición in situ de las variables de estudio. Con estos datos se validan los modelos generados a partir de los programas de Simulación Térmica de los edificios. la correspondencia de los valores medidos con los valores obtenidos mediante el modelo de simulación desarrollado cuyo índice de correlación (R^2) es igual al 97.46%.
2 – EX ANTE: se plantea una propuesta de modificación de la realidad, la misma es simulada en base al pasado conocido (modelo validado), para obtener información acerca del posible comportamiento futuro del sistema.

- Programa de Simulación Térmica: Para realizar la simulación de las alternativas de rehabilitación ambiental de la envolvente propuestas para cada caso de estudio se eligió un programa de simulación adaptado a la realidad constructiva argentina: El SIMEDIF para Windows (SARAVIA, L. et al., 2000). Este programa ofrece la creación de modelos lo suficientemente flexibles que permitan la evaluación de alternativas por etapas y, a la vez, muy aproximado al comportamiento real de las viviendas.

[1-2] Becaria Doctoral Mixta – CONICET y Doctoranda UPC
[1] Investigador Adjunto – CONICET
[2] Profesor – UPC

2. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE LA ENVOLVENTE DE INVIERNO: CONSERVACIÓN DE ENERGÍA Y GANANCIA SOLAR PASIVA

	TIPOLOGÍA TRADICIONAL	PROPUESTA DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL		
		CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	GANANCIA SOLAR PASIVA	INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA
ELEMENTOS OPACOS DE LA ENVOLVENTE				
MURO	adobe (0.40 m) k = 1.29 w/m^{2}k ladrillo macizo(0.20) k =2.42 w/m^{2}k	ladrillo macizo (0.20) + lana oveja 0.05 m + revoque 0.05 m e total = 0.30 m k = 1.10 w/m^{2}k		
CUBIERTA	inclinada de chapa: e = 0.35 m k = 4.46w/m^{2}k + caña 0.15 m: e total = 0.50 m k = 1.10w/m^{2}k			aplicación de consumo eficiente (reducción estimada de 40%) inclinación: 40º orientación: n nº modulos: 10 cantidad m^2: 7
ELEMENTOS TRANSPARENTES DE LA ENVOLVENTE				
VIDRIO	vidrio claro coefic. Transmisión lumínica: 0.89 factor solar: 0.82	vidrio claro + bajo emisivo coefic. Tr. Lum: 0.70 factor solar: 0.69		
MARCO	simple contacto	doble contacto y burlete		
GRADO DE AISLAMIENTO	vidrio simple marco madera k = 5.3w/m^{2}k	dvh marco madera k =3.3w/m^{2}k film bajo emisivo k =1.9w/m^{2}k		
VENTANAS	15% de la sup. De fachadas	---	25% sup. Fachadas rendimiento: 0.55 factor retardo: 0	
LUCERNARIOS	---	---	5% sup. Fachadas rendimiento: 0.55 factor retardo: 0	
ESPACIOS INTERMEDIOS DE LA ENVOLVENTE				
RECIBIDOR O ANTESALA	k =2.6w/m^{2}k	vidrio doble film bajo emisivo k =1w/m^{2}k	rendimiento: 0.12 factor retardo: 1	
GALERÍA VIDRIADA	k =2.6w/m^{2}k	vidrio doble film bajo emisivo k =1w/m^{2}k	rendimiento: 0.12 factor retardo: 1	

Tabla 1. La propuesta de rehabilitación evaluada está indicada en los casilleros coloreados. Cuando los mismos corresponden a la columna de vivienda tradicional, no se realizan modificaciones en este elemento. De lo contrario se interviene según la estrategia mencionada en cada una de las tres columnas sucesivas.

En las Figuras 1 y 2 se grafican los resultados en las dos habitaciones analizadas en la vivienda identificando la temperatura medida, la temperatura simulada en su estado actual y la temperatura simulada a partir de la rehabilitación de la envolvente mediante una primera etapa de conservación de energía y una segunda etapa que se agrega a la primera mediante la ganancia solar pasiva.

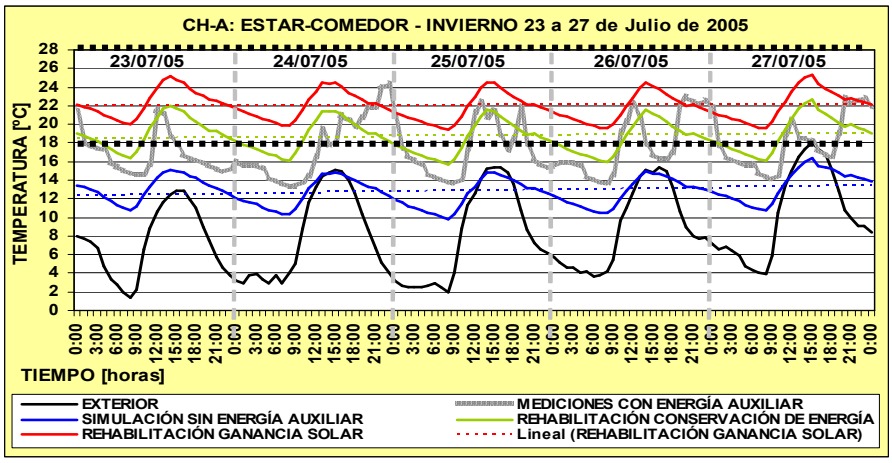

Figura 1. Simulaciones de temperatura en invierno en dos etapas. Estar – Comedor.

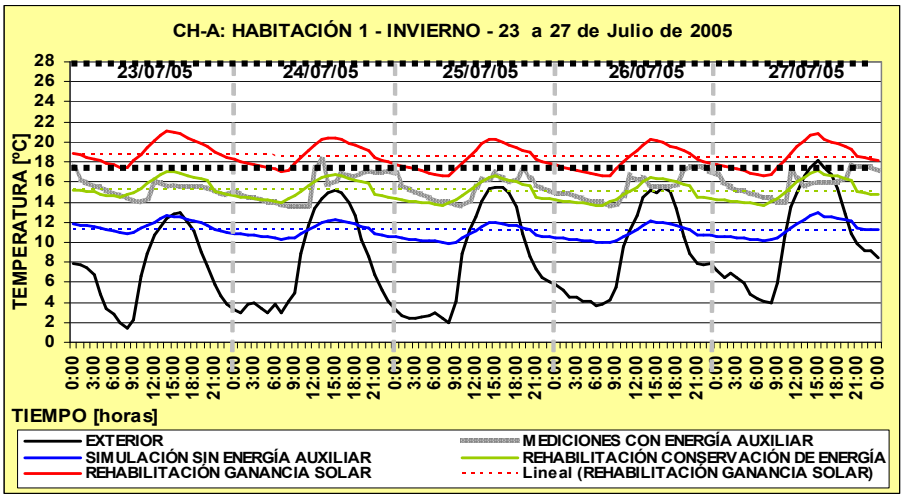

Figura 2. Simulaciones de temperatura en invierno en dos etapas. Habitación 1.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: INVIERNO

Esta tipología presenta valores muy bajos en el diagnóstico inicial cuyas temperaturas están alrededor de los 11ºC. Sin embargo, sus posibilidades de rehabilitación ambiental son muy buenas y como resultado se obtienen temperaturas de 21ºC en todos sus espacios, alcanzando un 98% de personas en confort y se podría pensar que la energía auxiliar ha sido reemplazada en su totalidad por el acondicionamiento natural.

			APORTE AL LOGRO DEL CONFORT por espacio de la vivienda y por estrategia de rehabilitación. (base PMV =100% a 22ºC)			RESULTADOS PROMEDIO DE LA VIVIENDA en cada etapa y resultados finales.
			Estar –Comedor (N)	Habitación 1 (N expuesta)	Habitación 2 (N protegida)	
DIAGNÓSTICO INVIERNO		Caracterís. propias Temperat (Tº) Confort (PMV)	Tº= 12.8ºC PMV: 0 %	Tº= 11.2ºC PMV: 0%	Tº= 10.8ºC PMV: 0%	Tº= 11.3ºC PMV: 0%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22ºC – PMV: 100%)				Q= 124 Kwh.m^2/año E CO_2= 34 Kg.m^2/año
REHABILITACIÓN - INVIERNO	ETAPA 1	Conservación de Energía	Aporte Pasivo: 27% (Aporte:5.9ºC)	Aporte Pasivo: 29% (Aporte:6.1ºC)	Aporte Pasivo: 31% (Aporte:6.9ºC)	Aporte Pasivo: 29% (Aporte:6.3ºC)
		FAS Temperat (Tº) Confort (PMV)	FAS: 85% Tº= 18.7ºC PMV: 61%	FAS: 80% Tº= 16.1ºC PMV: 0%	FAS : 80% Tº= 17.7ºC PMV: 40%	FAS: 81% Tº= 17.5ºC PMV: 42%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22ºC – PMV: 100%)				Q= 50 Kwh.m^2/año E CO_2= 13 Kg.m^2/año
	ETAPA 2	Ganancia Solar Pasiva	Aporte pasivo: 18% (Aporte:4ºC)	Aporte pasivo: 17% (Aporte:3.6ºC)	Aporte pasivo: 14% (Aporte:3ºC)	Aporte Pasivo: 17% (Aporte:3.6ºC)
		FAS Temperat (Tº) Confort (PMV)	FAS: 76% Tº= 16.8ºC PMV: 0%	FAS: 68% Tº= 14.8ºC PMV: 0%	FAS: 63% Tº= 13.8ºC PMV: 0%	FAS: 68% Tº= 15.1ºC PMV: 0%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22ºC – PMV: 100%)				Q= 65 Kwh.m^2/año E CO_2= 18 Kg.m^2/año
	ETAPAS 1 + 2	Conservación + Ganancia	Aporte pasivo: 45% (Aporte:9.9ºC)	Aporte pasivo: 44% (Aporte:9.7ºC)	Aporte pasivo: 45% (Aporte:9.9ºC)	Aporte Pasivo: 45% (Aporte:9.8ºC)
		FAS Temperat (Tº) Confort (PMV)	FAS :100% Tº= 22.7ºC PMV: 100%	FAS: 95% Tº= 20.9ºC PMV: 95%	FAS: 94% Tº= 20.7ºC PMV: 92%	FAS TOTAL: 98% Tº= 21.4ºC PMV: 98%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22ºC – PMV: 100%)				Q= 29 Kwh.m^2/año E CO_2= 8 Kg.m^2/año

Tabla 2 Resultados obtenidos a partir de la aplicación de la rehabilitación ambiental de la envolvente.

La incorporación de una adecuada estrategia de conservación de energía tiene un gran impacto (29%) en el promedio general de aporte pasivo obtenido a partir de la rehabilitación ambiental de la envolvente. Esto se debe a que la tipología original no

considera el correcto aislamiento de los elementos de la envolvente, y, al tratarse de una tipología abierta el porcentaje de pérdida de energía no deseado es alto. Si la rehabilitación ambiental se va a efectuar en dos etapas, ésta debe ser la primera en aplicarse, debido a que presenta un mayor impacto en el comportamiento térmico de la vivienda.

La ganancia solar pasiva incide en un 17% del total del beneficio obtenido mediante la rehabilitación ambiental de la envolvente que está en el orden del 45%. La vivienda ya contaba con una estrategia de ganancia directa e indirecta gracias a su distribución longitudinal hacia el Ecuador que favorece el asoleamiento de todos los espacios además de una galería vidriada. Se mejora su rendimiento con la estrategia de conservación de energía, alcanzando el confort en todos los espacios.

El aporte total a la temperatura de confort de la vivienda rehabilitada es del 96% y su consumo de energía auxiliar se redujo de 124 kwh.m^2/año a 29 kwh.m^2/año. El consumo logrado se encuentra muy por debajo de los estándares base sugeridos por la Unión Europea para las viviendas eficientes en los que se recomienda no superar un consumo de 50 KWh.m^2/año. (Goulding et al., 1994)

En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos en cada uno de los espacios medidos y con cada una de las estrategias aplicadas en la rehabilitación ambiental de la envolvente en invierno de la Casa de Medio Patio Mediterránea: CH-A.

4. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE LA ENVOLVENTE VERANO: PROTECCIÓN A LA RADIACIÓN Y REFRESCAMIENTO NATURAL

	TIPOLOGÍA TRADICIONAL	PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL		
		PROTECCIÓN A LA RADIACIÓN	REFRESCAMIENTO NATURAL	INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA
ELEMENTOS OPACOS Y/O TRANSPARENTES DE LA ENVOLVENTE				
VEGETACIÓN	sombra de árboles caducifolios factor medio reduc-ción de la transmi-sión de la radia-ción solar: 40%			
ELEMENTOS TRANSPARENTES DE LA ENVOLVENTE				
MÓVILES EXTERIOR		persiana de abrir lamas opacas color claro orientables transmisión: 5% reflexión: 55% absorción: 40%		aplicación de consumo eficien-te (reducción estimada de 40%) inclinación: 40º orientación: n nº modulos: 10 cantidad m^2: 7
MÓVILES INTERIOR	cortinas plegables verticales			
TIPO DE VENTILACIÓN	diurna y nocturna rh = 2 a 4 volúmenes por hora		nocturna cruzada rh = 8 a 20 vol hora efecto chimenea rh = 4 a 6 vol hora	
TIPO DE ABERTURA	de abrir		de abrir proyectada (para efecto chimenea medianera colindante)	
ESPACIOS INTERMEDIOS DE LA ENVOLVENTE				
EMPARRADO	factor medio reduc-ción de la transmi-sión de la radia-ción solar: 28%			
GALERÍA ABIERTA	galería vidriada con aberturas		galeria abierta evita el efecto inver-nadero y favorece la ventilación cruzada	
PATIO	patio semi-abierto		patio semi-abierto evaporativo acondicionamiento del microclima exterior	

Tabla 3 La propuesta de rehabilitación está indicada en los casilleros coloreados. Cuando los mismos corresponden a la columna de vivienda tradicional, no se realizan modificaciones en este elemento. De lo contrario se interviene según la estrategia mencionada en cada una de las tres columnas sucesivas.

En las Figuras 3 y 4 se grafican los resultados en las habitaciones analizadas en la vivienda identificando la temperatura medida, la temperatura simulada en su estado actual y la temperatura simulada a partir de la rehabilitación de la envolvente mediante una primera etapa de protección a la radiación solar y una segunda etapa que se agrega a la primera mediante la ventilación nocturna.

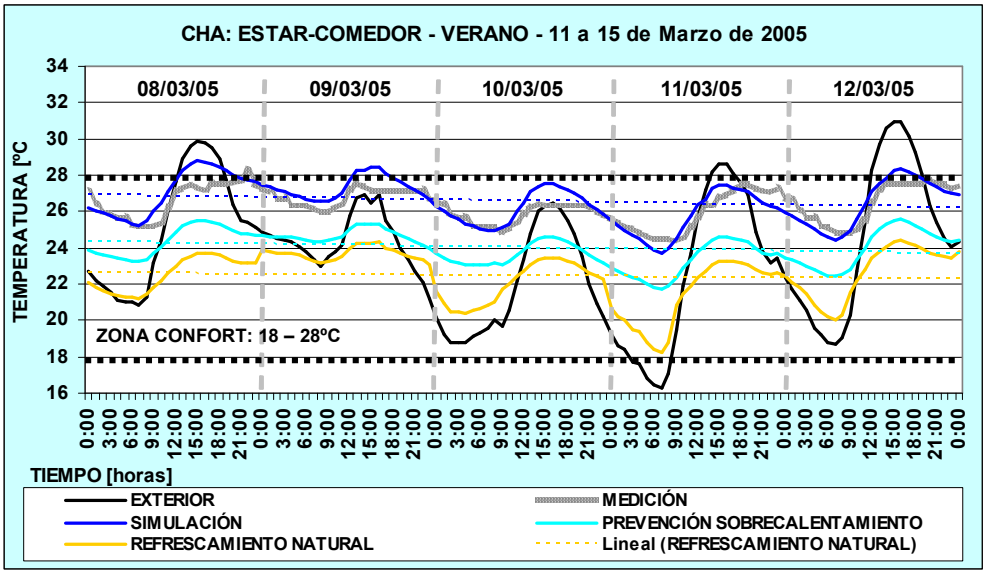

Figura 3. Simulaciones de temperatura en verano en dos etapas. Estar – Comedor.

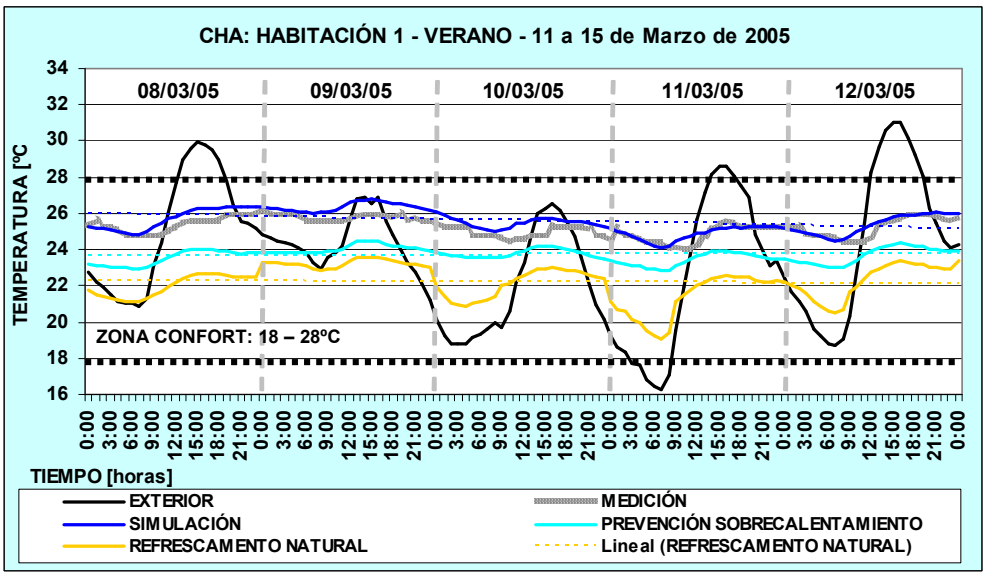

Figura 4. Simulaciones de temperatura en verano en dos etapas. Habitación 1.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: VERANO

Esta tipología presenta valores muy elevados de temperatura en el diagnóstico inicial cuyos valores están alrededor de los 28-29ºC. Sin embargo, sus posibilidades de rehabilitación ambiental son muy buenas y como resultado se obtienen temperaturas de 25ºC en todos sus espacios, alcanzando un 88% de personas en confort. El aporte total a la temperatura de confort de la vivienda rehabilitada es del 82%.

La prevención del sobrecalentamiento juega un rol importante en verano debido a la presencia de elementos vidriados. La rehabilitación de la envolvente propone comprometer al usuario en el manejo de los elementos de sombra y de protección solar de la envolvente. Se incorporan tecnologías que brindan mayor posibilidad en el manejo del paso de la energía del exterior. Debido a que la mayor parte de la envolvente a proteger está orientada hacia el Ecuador, esta estrategia no presenta mayores dificultades. Su contribución para alcanzar el confort interior es del 34%.

Esta tipología presenta su mayor dificultad en la aplicación de la estrategia de refrescamiento natural debido a que no presenta ventilación cruzada. Se propone mejorar la ventilación a partir de ubicar aberturas practicables en el techo, favoreciendo el movimiento del aire por el efecto chimenea. Dicha estrategia contribuye en un 23% del promedio total del 57% para alcanzar el confort en los espacios interiores. Hay que tener en cuenta que la persona enfriada por movimiento del aire, se siente más en confort, aún con temperaturas superiores.

A continuación, en la Tabla 4 se presentan los valores obtenidos en cada uno de los espacios medidos y con cada una de las estrategias aplicadas en la rehabilitación ambiental de la envolvente de la Casa de Medio Patio Mediterránea:

			APORTE AL LOGRO DEL CONFORT por espacio de la vivienda y por estrategia de rehabilitación. (base PMV =100% a 24ºC)			RESULTADOS PROMEDIO DE LA VIVIENDA en cada etapa y resultados finales.
			Estar –Comedor (N)	Habitación 1 (N expuesta)	Habitación 2 (N protegida)	
DIAGNÓSTICO VERANO		Temperat (Tº) Confort (PMV)	Tº= 29ºC PMV: 0%	Tº= 28.5ºC PMV: 34%	Tº= 28ºC PMV: 41%	Tº= 28.5ºC PMV: 34%
		Energía Aux (Q), Emisiones (E) (base 24ºC PMV = 100%)				Q= 52.5 Kwh.m^2/año E CO_2= 14.3 Kg.m^2/año
REHABILITACIÓN - VERANO	ETAPA 1	Protección a la Radiación	Reducción Pasiva: 43% (Reducc: 2.6ºC)	Reducción Pasiva: 32% (Reducc: 1.9ºC)	Reducción Pasiva: 27% (Reducc: 1.6ºC)	Reducción Pasiva: 34% (Reducc.: 2ºC)
		REDUCIÓN Temperat (Tº) Confort (PMV)	REDUCCIÓN: 60% Tº= 26.4ºC PMV: 66%	REDUCCIÓN: 57% Tº= 26.6ºC PMV: 63%	REDUCCIÓN: 60% Tº= 26.4ºC PMV: 66%	REDUCCIÓN: 59% Tº= 26.4ºC PMV: 66%
		Energía Aux (Q), Emisiones (E) (base 24ºC PMV = 100%)				Q= 28.7 Kwh.m^2/año E CO_2= 7.8 Kg.m^2/año
	ETAPA 2	Refrescamien-to Natural	Reducción Pasiva: 25% (Reducc: 1.5ºC)	Reducción Pasiva: 25% (Reducc: 1.5ºC)	Reducción Pasiva: 20% (Reducc: 1.2ºC)	Reducción Pasiva: 23% (Reducc.: 1.4ºC)
		REDUCIÓN Temperat (Tº) Confort (PMV)	REDUCCIÓN: 42% Tº= 27.5ºC PMV: 49%	REDUCCIÓN: 50% Tº= 27ºC PMV: 57%	REDUCCIÓN: 53% Tº= 26.8ºC PMV: 60%	REDUCCIÓN: 48% Tº= 27.1ºC PMV: 55%
		Energía Aux (Q), Emisiones (E) (base 24ºC PMV = 100%)				Q= 36.4 Kwh.m^2/año E CO_2= 9.9 Kg.m^2/año
	ETAPAS 1 + 2	Protección + Refrescamien.	Reducción Pasiva: 68% (Reducc: 4.1ºC)	Reducción Pasiva: 57% (Reducc: 3.4ºC)	Reducción Pasiva: 47% (Reducc: 2.8ºC)	Reducción Pasiva: 57% (Reducc.: 3.4ºC)
		REDUCIÓN Temperat (Tº) Confort (PMV)	REDUCCIÓN: 85% Tº= 24.9ºC PMV: 89%	REDUCCIÓN: 82% Tº= 25.1ºC PMV: 86%	REDUCCIÓN: 80% Tº= 25.2ºC PMV: 85%	REDUCCIÓN TOTAL: 82% Tº= 25ºC PMV: 88%
		Energía Aux (Q), Emisiones (E) (base 24ºC PMV = 100%)				Q= 12.6 Kwh.m^2/año E CO_2= 3.4 Kg.m^2/año

Tabla 4 Resultados obtenidos a partir de la aplicación de la rehabilitación ambiental de la envolvente

6. CONCLUSIONES

Es posible el logro del confort natural mediante la rehabilitación ambiental de las viviendas de medio patio. Se debe promover la incorporación de las medidas sugeridas en este trabajo (en el caso de viviendas con orientación Norte) en los casos de rehabilitación de esta tipología (que se estiman necesarios debido al año de construcción promedio de este tipo de casas).

De la valoración de la acción reguladora de las distintas estrategias de rehabilitación ambiental de invierno que se hace en la Tabla 2 se observa que la conservación de energía tiene una acción más contundente en el total de la intervención. Razón por la cual se sugiere comenzar la rehabilitación ambiental a partir de esta estrategia. Al completarse la rehabilitación en invierno, los beneficios pasivos llegan a cubrir aproximadamente el 95% de la demanda con un consumo estimado en 29 Kwh.m2/año de energía auxiliar y el logro de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono a 8 Kg.m2/año.

De la valoración de la acción reguladora de las distintas estrategias de rehabilitación ambiental de verano que se hace En la Tabla 4 se observa que la protección a la radiación tiene una acción más contundente en el total de la intervención. Razón por la cual se sugiere comenzar la rehabilitación ambiental a partir de esta estrategia. Al completarse la rehabilitación en verano, los beneficios pasivos llegan a cubrir en promedio el 90% de la demanda con un consumo estimado en 8.4 Kwh.m2/año de energía auxiliar y el logro de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono a 2.3 Kg.m2/año.

7. REFERENCIAS

GOULDING J.R., OWEN LEWIS J., STEEMERS T.O. (1994) *Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook.* London: Ed. B.T. Bashford Limited.

FLORES LARSEN, S. y LESINO, G. (2001*) Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios.* Revista AVERMA - Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9. pp. 15-23.

KOHLER, N. y HASSLER, U. (2002) *The Building Stock as a Research Object.* Building, Research & Information. Vol. 30, Nº4,. Spon Press – Taylor & Francis Group.

SARAVIA, L., FLORES, S., ALÍA , D. y LESINO, G. (2000) *SIMEDIF para windows*. INENCO-UNSa.

9. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Familia Sidoni por habernos permitido realizar el diagnóstico cuantitativo mediante mediciones en su vivienda.

RESUMEN: In the first part of this work qualitative and quantitative diagnoses of thermal comfort in half patio houses were developed. In this second part the elaboration and evaluation of environmental rehabilitation proposals is presented. Proposals are presented in two application stages, paying attention to Argentinean economy. If only the first stage is performed the house will be benefited, even though if the second one is not concreted, which will provide the maximum reachable improvement. In winter it is achieved the increment of 6ºC with the first stage and of 10ºC with stages 1 and 2. In summer, the reduction is estimated in 2.5ºC in the first stage and 3.5ºC with the application of both stages. It is important to take into account that the order of the stages is not arbitrary and if, applied differently, the benefit of the initial stage will be reduced and only will reach the same value when both stages are concluded.

Key words: environmental rehabilitation, half patio typology, thermal comfort, proposal application.