

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ADAPTACIÓN DEL PARQUE RESIDENCIAL CONSTRUIDO A LAS CONDICIONES ENERGÉTICAS Y DE HABITABILIDAD SEGÚN LEY 13.059, PROV. DE BUENOS AIRES.

L. Rodríguez¹, L. Garganta¹, I. Martini², G. San Juan², C. Discoli²,
Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Calle 47 N°162, La Plata. C.P. 1900 – Provincia de Buenos Aires
Tel. 0221-4236587/90 interno 250-31. E-mail: arlucasrodriguez@gmail.com

RESUMEN: El trabajo presenta una metodología para el análisis y evaluación de las calidades térmicas y las condiciones de habitabilidad de la edificación residencial existente en abordaje masivo, considerando como condición base los requerimientos de la ley 13059 de la Prov. de Buenos Aires. A través de este estudio se exponen conclusiones que buscan fundamentar la incorporación de la eficiencia energética al parque construido, como complemento a dicha Ley que sólo afecta a las construcciones nuevas. Para ello se describe la metodología de clasificación y evaluación de la edificación residencial existente. Se presenta un ejemplo de aplicación sobre una tipología representativa, la cual es reproducida en un universo mayor. Con ello se concluye que la aplicación de las condiciones exigidas por la Ley 13059 en la edificación existente aseguraría beneficios tanto para cada individuo como para el colectivo y el Estado, siendo el gobierno el promotor idóneo para un plan de reciclado masivo.

Palabras clave: Eficiencia energética, habitabilidad, adaptación edificación residencial.

INTRODUCCIÓN

Las reiteradas crisis energéticas sucedidas a nivel mundial a partir de la década del '70, junto a sus consecuencias en el hábitat natural y urbano, incluyeron diversos desafíos para la gestión política, la actividad económica, la estructura social y las conciencias individuales.

Consecuentemente, los distintos países llevaron a cabo acciones para definir estándares mínimos de calidad térmico-constructiva mediante reglamentaciones que regulan las características de las nuevas construcciones; o incluso mediante programas para la adaptación de los edificios existentes, a escala masiva. Sin embargo, Argentina no acordó reglamentaciones de regulación ni llevó a cabo acciones de mitigación, continuando con los valores de demanda energética en incremento. En este contexto en cuanto al sector residencial, la totalidad de las construcciones se encuentran por debajo del nivel admisible según IRAM N°11.605 (Rodríguez et al., 2012).

Hoy en día, cuatro décadas más tarde a las denominadas “crisis del petróleo” de 1973 y 1979, destacamos acciones promovidas por el gobierno Nacional en el marco de interés y prioridad del uso racional y eficiente de la energía, establecido en el Decreto 140 del año 2007. Como así también la sanción de la Ley N° 13059 en julio de 2010 y su Decreto Reglamentario N°1040, para la provincia de Buenos Aires, cuya finalidad es la de establecer y exigir, para los edificios a construir, las condiciones mínimas de acondicionamiento térmico para contribuir a una mejora en la calidad de vida de la población; a partir de minimizar la demanda energética y disminuir el impacto ambiental a través del uso eficiente de la energía³.

Por otro lado, resulta importante resaltar que el parque residencial existente constituye una incidencia significativa en la matriz energética nacional, con un consumo actual mayor al 23% del total del país (B.E.N. 2010). De esta demanda, el 50% está destinado a climatización (Rosenfeld, 1993; Evans, 2005). Es por ello que se considera relevante actuar en la adaptación del sector, minimizando el uso de energía por medio de la implementación masiva de técnicas de reciclado con envolventes más eficientes. Esto permite una mejora sustantiva de habitabilidad edilicia (pudiendo alcanzar en la edificación construida, los valores mínimos exigidos por la Ley 13059) y una reestructuración a futuro de la ecuación energética del sector, reduciendo la demanda.

En función de esta problemática, y en el marco de un Proyecto de Doctorado⁴ y Proyecto CONICET PIP 0097 (2012/2014), se presentan los avances en una metodología que aborda integralmente las propuestas tecnológico-constructivas de mejoramiento energético del sector residencial a partir de la intervención en unidades edilicias, tanto de iniciativa privada como estatal; teniendo en cuenta su representatividad en el tejido urbano de la ciudad de La Plata. Identificados los “tipos

¹ Becario CONICET

² Investigador CONICET

³ A tal efecto serán de aplicación obligatoria las normas técnicas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) referidas al acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, en su edición más reciente.

⁴ Doctorado en Ciencias, Área Energía Renovables. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Doctorando: Arq. Lucas Rodríguez. Directores: Dr. Carlos Discoli y Dra. Silvana Flores Larsen.

edilicios”, que conforman el universo de análisis se analiza el tratamiento a implementar en cada uno de los elementos constitutivos de la envolvente existente, a partir de la técnica de reciclado edilicio. El estudio pormenorizado de la envolvente de las diversas tipologías edilicias permite expandir los resultados en áreas urbanas características de la ciudad, para aproximar su incidencia territorial. A continuación se desarrolla la metodología de evaluación propuesta, abordando las distintas escalas mencionadas, y se trabaja en la aplicación para una unidad edilicia de la ciudad de La Plata, Argentina.

METODOLOGÍA PARA LA CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EDILICIA EXISTENTE.

Se trabaja a partir de estudiar y definir la representatividad tipológica de las unidades edilicias residenciales basándose en tres niveles: a) Nivel Supra-unitario o Nivel Contextual, a partir de la técnica de “mosaicos urbanos” característicos (Viegas, 2010), desarrollada para la ciudad de La Plata, utilizando la clasificación tipológica en su representatividad porcentual; b) Nivel de anclaje, según la determinación de unidades edilicias clasificadas en tipologías edilicias, incorporando criterios funcionales, morfológicos, constructivos, histórico-temporales y modalidad de gestión (Rosenfeld et al, 1988); y c) Nivel sub-unitario o Nivel de Componente, donde se describe el desglose de los elementos de la envolvente edilicia según tecnologías constructivas. A partir de estos estudios se seleccionan casos representativos para su evaluación térmica y económica a los que se le aplican las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado masivo (Rodríguez et al., 2012). Con los resultados obtenidos se conformó una documentación sistematizada que sintetiza las principales variables de cada tipología, sus características térmicas, alternativas de retrofitting (reciclado) y su relación con los costos económicos operativos. A su vez se compara la eficiencia energético-económica de cada propuesta mediante un “índice de eficiencia”, que orienta en la selección de las mejores opciones de intervención.

A continuación se expone la matriz de datos en su Nivel de Anclaje, Sub-unitario y Supra-unitario (Fig 1). Y se describen los procedimientos de identificación y clasificación del sector residencial; y la sistematización e instrumentación en las evaluaciones térmicas y económicas.

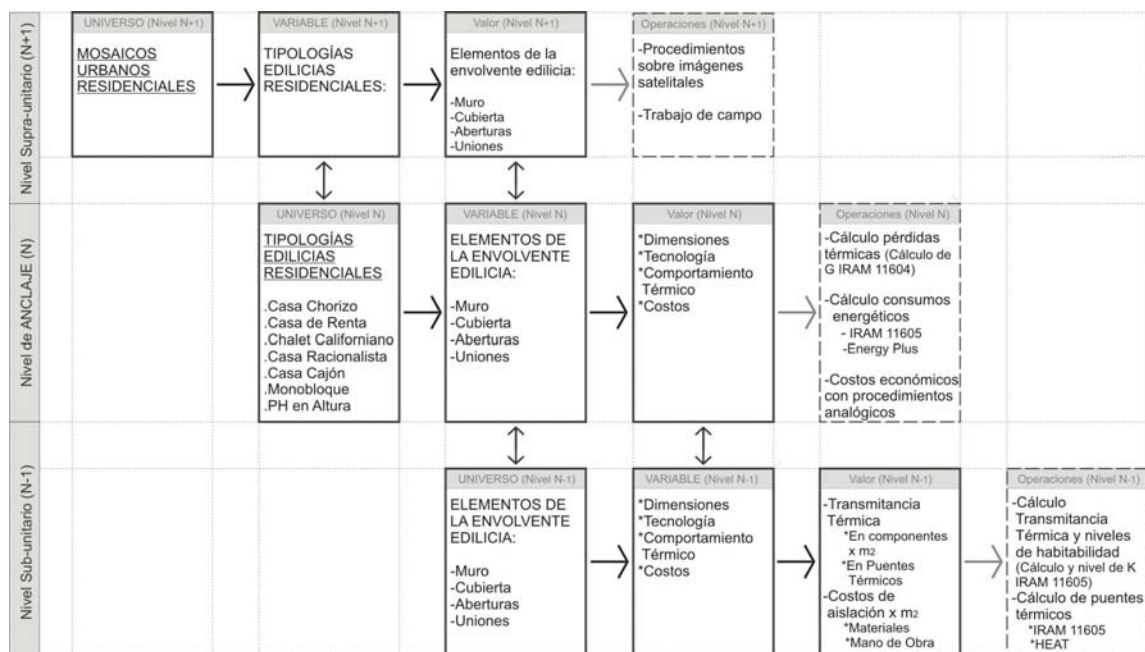


Figura 1: Sistema de Matriz de datos de la metodología propuesta.

Estudio y clasificación del sector residencial.

El sector residencial de la ciudad de La Plata ha sido delimitado a los efectos de establecer las unidades de análisis. Para su definición se aplican estrategias basadas en su representatividad, recurriendo a tres niveles básicos como herramientas de selección: i) *clasificación en áreas urbanas homogéneas*; ii) *clasificación morfológico-funcional* y iii) *clasificación tecnológico-constructiva*, a partir de la desagregación de los *elementos de las envolventes y sus encuentros* o uniones, en vistas a una implementación sistemática para las propuestas de reciclado.

i) *Clasificación en áreas homogéneas*: En relación al desarrollo de una mecánica de reconocimiento, selección, aplicación y expansión urbana, se trabaja con el concepto de *mosaicos urbanos*⁵ (Viegas, 2010), que son áreas características representativas de áreas mayores, asociados a tipologías edilicias y tecnológicas representativas. Las cuales pueden ser detectadas y clasificadas mediante técnicas de interpretación de objetos a partir de imágenes satelitales. De todas formas, para

⁵ Técnica de análisis de patrones morfológicos, tipológicos y energético-ambientales, bajo la lógica de “mosaicos urbanos”, para determinar el comportamiento energético-ambiental de sectores urbanos de diferentes grados de consolidación urbana. Tesis de Doctorado. Dra. Graciela M. Viegas. UNSa. IIPAC/UNLP. 2010.

la fecha no se cuenta con la suficiente información requerida para emplear esta herramienta, por lo que sólo se menciona en el cuerpo de la metodología.

ii) *Clasificación morfológico-funcional*: Para la identificación y delimitación del objeto de estudio a nivel morfológico, se adopta el criterio de tipologías⁶ representativas cuya ventaja fundamental radica en su capacidad de síntesis y reconocimiento contextual. Este abordaje nos permite incluir las 260.000 viviendas existentes en La Plata en un número reducido de unidades representativas, reconocidas con gran facilidad tanto por los profesionales en el tema como por las personas no especializadas. Por lo tanto se adoptó y avanzó en la clasificación desarrollada en el proyecto AUDIBAIRES (Rosenfeld et al., 1988). A partir de ello, se detectaron 7 tipologías morfológicas representativas para La Plata: *casa chorizo*; *casa de renta* (pasillo, cuatro puertas, en altura); *chalet californiano*; *casa racionalista*; *casa cajón* (de iniciativa privada o estatal); bloque bajo o *monobloque* (en dúplex o simples apilados); *edificio PH en altura* (entre medianeras, torre, placa).

Una vez definida la clasificación tipológica en cuanto a su nivel morfológico, se estudiaron sus características a partir del estudio tecnológico-constructivo de los elementos de sus envolventes.

iii) *Clasificación tecnológico-constructiva*: En cuanto a la clasificación a nivel tecnológico-constructivo, se han reconocido dos grandes grupos. Por un lado se encuentra la producción de tipo artesanal regida por procedimientos desarrollados en obra, la cual denominamos *construcción húmeda*, también llamada construcción *pesada*, *convencional* o *tradicional* la cual ha mutado en las últimas décadas en la adopción de sistemas *semipesados*, fundamentalmente ante la adopción masiva del ladrillo cerámico hueco. Por otro lado, se reconoce la producción de fuerte tendencia hacia la mecanización seriada e industrialización de los procesos productivos, la cual denominamos *construcción* (de montaje) *en seco*, también llamada *no tradicional*, mayormente constituida por *sistemas livianos*. A su vez entre la producción artesanal y la mecanizada se reconocen procesos mixtos que rescatan las ventajas de ambas. Estos últimos dos tipos de producción (en seco y mixta) no son empleados mayormente en nuestro país; detectando un predominio absoluto de los sistemas de construcción húmeda, verificado en el total de las tipologías representativas delimitadas.

Establecidos los procesos tecnológicos-productivos, retomamos las tipologías consideradas para analizar y reconocer sus elementos básicos, desagregados en componentes de las envolventes y sus encuentros.

Elementos de las envolventes y sus encuentros: Para profundizar en la clasificación morfológica y tecnológico-constructiva de las tipologías edilicias existentes, se plantea desagregarlas en unidades menores, proponiendo el desglose de los componentes de sus envolventes. De esta manera, se definieron las variantes detectadas en sus tres elementos principales *muros*, *cubiertas* y *aberturas*, y sus distintos *encuentros*:

- a) Para el elemento *muro* se destacan casi con exclusividad los compuestos por ladrillo cerámico macizo (o “ladrillo común”) y los de bloques cerámicos huecos no portantes, revocados en ambas caras; son de menor representatividad los muros con bloques cerámicos portantes, bloques de hormigón, y muros dobles con cámara de aire, con y sin aislación térmica.
- b) En cuanto al elemento *cubierta* se divide en inclinadas y planas. En cuanto a las inclinadas, se destacan principalmente las de chapa ondulada de hierro galvanizado, ampliado también a techos de teja cerámica tipo francesa y colonial, y de pizarra. Con respecto a las cubiertas planas, las más relevantes son las de losa llena, con elementos pretensados y losas alivianadas. Cada una de estas opciones cuenta en su mayoría con cielorraso suspendido.
- c) Con respecto a las *aberturas*, se clasifican según material y según sistema. Los materiales más empleados son: Chapa doblada de hierro, Madera, Aluminio, con muy poca incidencia del PVC. Los sistemas de mayor difusión son: De tipo rebatible, corredera, paño fijo, ventiluz y banderola. Son menos frecuentes las carpinterías de tipo Desplazable, oscilobatiente, guillotina o libro.
- d) A partir del análisis de los elementos de la envolvente se identificaron tres tipos de encuentros o uniones principales: cubierta con muro; muro con abertura; y puntos críticos.

La clasificación y análisis propuesto permite la sistematización y la instrumentación de una biblioteca edificio-tecnológica con las características relevantes, así como medidas de mitigación y sus resultados a nivel de mejoramiento edilicio y urbano.

Sistematización e instrumentación: Evaluación térmica y económica de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado masivo.

Una vez identificado y clasificado el parque edilicio residencial existente, se presenta el análisis y evaluación necesario a nivel de tipología edilicia (Nivel de anclaje) y nivel de componente (Nivel sub-unitario). Por lo tanto se describe: i) la evaluación de calidad térmica; y ii) los consumos energéticos y los costos económicos asociados a las distintas propuestas de reciclado.

i) *Evaluación de comportamiento térmico en la edilicia existente*: Los valores de transmitancia térmica son obtenidos a partir del método de cálculo empleado por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM); autoridad pertinente en Argentina. Para establecer patrones de calidad térmica constructiva que aseguren condiciones normativas de eficiencia energética y habitabilidad, se consideran como valores mínimos los exigidos por la Ley 13059 de la Prov. de Buenos Aires. Los mismos se explicitan en las normas IRAM referidas al acondicionamiento térmico de edificios. Estas exigen: el cumplimiento de los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (K) para los componentes opacos de la envolvente establecidos para los niveles A o B de IRAM 11605⁷, evaluados para condición de invierno y verano; su respectivo análisis

⁶ El “tipo” es entendido como la esencia del objeto, arquitectónico en nuestro caso, en cuya determinación se deben eliminar los caracteres específicos y conservar solo los elementos que aparecen en todas las unidades de una serie dada.

⁷ Para muros el valor máximo admisible es de 1 W/m² °C; para cubiertas es de 0.48 W/m² °C.

de puentes térmicos⁸ (IRAM 11605); el cumplimiento de los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (K) para los componentes vidriados de la envolvente (aberturas), establecidos entre la categoría K4 y K5 de IRAM 11507-4⁹; y el cumplimiento del valor admisible del coeficiente global de pérdidas térmicas (G) según IRAM 11604.

Teniendo en cuenta los valores exigidos por la Norma, se plantea la construcción de alternativas de mejoramiento para cada referente edificio-tecnológico seleccionado, a nivel de componentes de la envolvente; las cuales son sistematizadas y catalogadas en fichas interactivas relacionadas con la metodología de cálculo (fig. 2 y 3). El sistema desarrollado facilita la carga de información, el ajuste y/o la posibilidad de realizar modificaciones en forma dinámica en el estudio de variantes o ejemplos particularizados con el objeto de seleccionar las alternativas más favorables para cada situación.

ii) *Evaluación de los consumos energéticos y los costos económicos:* Para la estimación de los consumos energéticos de las viviendas en estado original y mejoradas, se emplea el análisis a partir de la Carga Térmica (Q) según IRAM 11604, en estado estacionario, considerando la demanda en invierno y en verano. A su vez, éstas son complementadas mediante simulación dinámica por medio del programa *Energy Plus* (Departamento de Energía de los Estados Unidos -DOE-), a los fines de su contrastación y validación; considerando las ganancias directas e indirectas según cálculos finitos. De todas maneras es necesario aclarar que la importancia del trabajo radica en el método integral de mejoramiento tecnológico-constructivo y sus comparativas.

Para la estimación de los costos económicos se suma el “costo operativo” (CO) con el “costo inicial de inversión (CII). El primero (CO) es obtenido a partir de la carga térmica calculada en relación al costo del m³ de gas y/o al costo del kW de energía eléctrica, según corresponda. El segundo (CII) figura en las fichas como valores de aislación por m²; cuyos valores por metro cuadrado se establecen como la sumatoria del material y la mano de obra, en función de valores presupuestados en el mercado local.

Por otra parte, se evalúa cada sistema propuesto en su relación entre el ahorro energético logrado (con sus consecuentes ahorros en el CO¹⁰) y la inversión realizada (CII¹¹) a partir del “índice de eficiencia energético-económico” (I_E) (Rodríguez et al., 2012). Este índice es construido como una herramienta complementaria de rápida comparación y selección ante la amplia variedad de alternativas tecnológico-constructivas de reciclado para la envolvente edilicia. Además de resultar particularmente útil para una clasificación según grado de eficiencia respecto del costo-beneficio ($\Delta E / \Delta \$$).

Los datos necesarios para el cálculo del índice de eficiencia se obtienen de las fichas de reciclado (Fig. 2 y 3); a los fines de facilitar la comparación y elección de las distintas propuestas tecnológico-constructivas. Cabe destacar que este índice se propone como herramienta de preselección, permitiendo una veloz comparación (en la relación $\Delta E/\Delta \$$) tanto en la elección para cada elemento de la envolvente como en la selección de propuestas integrales (considerando el conjunto de alternativas de reciclado en muros, cubiertas y aberturas). Pero su carácter no es definitivo, puesto que ante cada elección se deben contemplar otras consideraciones particulares como ciertas dificultades técnicas, dificultades de acceso, o de disponibilidad.

FICHA DE RECIKLADO: MUROS	SITUACION ORIGINAL (BASE)				ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO								Índice eficiencia energética K _o -K _i CII/1000
	1	2	3	4	1.a - Aislación exterior con EPS				K max adm	INVERNO	VERANO	I (U.)	
	① LADRILLO HUECO REVOCADO AMBAS CARAS				1.b	1.c	1.d	...					
	Muro de 0.12 m	K = 2.26 W/m ² °C		K max adm									
		INVIERNO	VERANO	No cumple	No cumple								
	Muro de 0.16 m	K = 1.74 W/m ² °C		Nivel C		Nivel C							
	Muro de 0.22 m	K = 1.60 W/m ² °C		Nivel C		Nivel C							
	EXT	INT	-Revoque grueso y fino a la cal (int.) -Ladrillo cerámico hueco -Azotado hidrófugo -Revoque grueso y fino a la cal (ext.)										
	PROPIUESTA				EPS (20 kg/m ³) desde el exterior, maya de fibra de vidrio y revoque plástico								
	OBSERVACIONES				La colocación exterior del EPS y revestimiento requiere de superficies lisas, dificultándose su ejecución en los ángulos y encuentros. El pegamento actúa como barrera de vapor.								
	Muro de 0.12 m	K = 0.97 W/m ² °C		\$157.09	Nivel B	Nivel B						8.21	
	Muro de 0.12 m	K = 0.76 W/m ² °C		\$162.93	Nivel B	Nivel B						9.21	
	Muro de 0.12 m	K = 0.63 W/m ² °C		\$168.75	Nivel B	Nivel B						9.66	
	Muro de 0.16 m	K = 0.87 W/m ² °C		\$157.09	Nivel B	Nivel B						5.54	
	Muro de 0.16 m	K = 0.69 W/m ² °C		\$162.93	Nivel B	Nivel B						6.44	
	Muro de 0.16 m	K = 0.58 W/m ² °C		\$168.75	Nivel B	Nivel B						6.87	
	Muro de 0.22 m	K = 0.83 W/m ² °C		\$157.09	Nivel B	Nivel B						4.90	
	Muro de 0.22 m	K = 0.67 W/m ² °C		\$162.93	Nivel B	Nivel B						5.71	
	Muro de 0.22 m	K = 0.56 W/m ² °C		\$168.75	Nivel B	Nivel B						6.16	

Figura 2: Fichas del componente MURO.

⁸ El “K” de los puentes térmicos no debe superar el 50% del valor del K del muro opaco. En caso de puentes térmicos lineales ubicados a una distancia menor a 1,7m, el porcentaje se reduce a 35%.

⁹ El valor máximo admisible es de 4 W/m² °C.

¹⁰ *costo operativo:* costo destinado a pagar el combustible en relación al consumo energético estimado, tanto para el estado original como para el mejorado.

¹¹ *costo inicial de inversión:* es el costo necesario para el reciclado; incluyendo el material aislante, la protección mecánica, terminaciones, y la mano de obra.


FICHA DE RECICLADO: CUBIERTAS	SITUACION ORIGINAL (BASE)				ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO						Indice EFICIENCIA ENERGETICA K _o - K _i CII/1000																																																																										
	1 CHAPA DE HIERRO GALVANIZADO ONDULADA		K max adm		1.a - Aislación exterior con EPS			K max adm		(l et)																																																																											
	2	3	4	1.b	1.c	1.d	INVERNO	VERANO																																																																													
	Sin cielorraso suspendido		INVERNO	VERANO																																																																																	
	↑ K = 4.68 W/m ² °C		No cumple																																																																																		
	↓ K = 3.52 W/m ² °C			No cumple																																																																																	
	Con cielorraso suspendido																																																																																				
	↑ K = 2.61 W/m ² °C		No cumple																																																																																		
	↓ K = 1.91 W/m ² °C			No cumple																																																																																	
	 <ul style="list-style-type: none"> -Chapa ondulada de hierro galvanizado -Clavadera 2" x 2" -Listón longitudinal 1 1/2" x 1/2" -Aislación hidrófuga -Entablado o machimbre -Tirantes 																																																																																				
					PROPOSTA -EPS debajo de la chapa existente y film de polietileno sobre el entablado. En espesores mayores a 2" de EPS se adicionan clavaderas																																																																																
					OBSERVACIONES La colocación del EPS requiere de sacar las chapas y luego volver a ponerlas, debiendo considerar costos adicionales por posibles roturas en el proceso. A su vez, se corre el riesgo de producir infiltraciones de agua.																																																																																
					<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>[\$ x m²]</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">Sin cielorraso suspendido</td> </tr> <tr> <td>5 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.61 W/m² °C</td> <td>\$103.48</td> <td>Nivel B</td> <td>39.33</td> </tr> <tr> <td>5 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.58 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel C</td> <td>28.41</td> </tr> <tr> <td>7 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.45 W/m² °C</td> <td>\$121.39</td> <td>Nivel B</td> <td>34.85</td> </tr> <tr> <td>7 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.44 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel B</td> <td>25.37</td> </tr> <tr> <td>10 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.33 W/m² °C</td> <td>\$138.89</td> <td>Nivel B</td> <td>31.32</td> </tr> <tr> <td>10 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.32 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel B</td> <td>23.04</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Con cielorraso suspendido</td> </tr> <tr> <td>5 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.55 W/m² °C</td> <td>\$103.48</td> <td>Nivel B</td> <td>19.91</td> </tr> <tr> <td>5 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.51 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel C</td> <td>13.53</td> </tr> <tr> <td>7 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.42 W/m² °C</td> <td>\$121.39</td> <td>Nivel B</td> <td>18.04</td> </tr> <tr> <td>7 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.40 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel B</td> <td>12.44</td> </tr> <tr> <td>10 cm EPS</td> <td>↑ K = 0.31 W/m² °C</td> <td>\$138.89</td> <td>Nivel A</td> <td>16.56</td> </tr> <tr> <td>10 cm EPS</td> <td>↓ K = 0.30 W/m² °C</td> <td></td> <td>Nivel B</td> <td>11.59</td> </tr> </tbody> </table>							[\$ x m ²]				Sin cielorraso suspendido					5 cm EPS	↑ K = 0.61 W/m ² °C	\$103.48	Nivel B	39.33	5 cm EPS	↓ K = 0.58 W/m ² °C		Nivel C	28.41	7 cm EPS	↑ K = 0.45 W/m ² °C	\$121.39	Nivel B	34.85	7 cm EPS	↓ K = 0.44 W/m ² °C		Nivel B	25.37	10 cm EPS	↑ K = 0.33 W/m ² °C	\$138.89	Nivel B	31.32	10 cm EPS	↓ K = 0.32 W/m ² °C		Nivel B	23.04	Con cielorraso suspendido					5 cm EPS	↑ K = 0.55 W/m ² °C	\$103.48	Nivel B	19.91	5 cm EPS	↓ K = 0.51 W/m ² °C		Nivel C	13.53	7 cm EPS	↑ K = 0.42 W/m ² °C	\$121.39	Nivel B	18.04	7 cm EPS	↓ K = 0.40 W/m ² °C		Nivel B	12.44	10 cm EPS	↑ K = 0.31 W/m ² °C	\$138.89	Nivel A	16.56	10 cm EPS	↓ K = 0.30 W/m ² °C		Nivel B	11.59
	[\$ x m ²]																																																																																				
Sin cielorraso suspendido																																																																																					
5 cm EPS	↑ K = 0.61 W/m ² °C	\$103.48	Nivel B	39.33																																																																																	
5 cm EPS	↓ K = 0.58 W/m ² °C		Nivel C	28.41																																																																																	
7 cm EPS	↑ K = 0.45 W/m ² °C	\$121.39	Nivel B	34.85																																																																																	
7 cm EPS	↓ K = 0.44 W/m ² °C		Nivel B	25.37																																																																																	
10 cm EPS	↑ K = 0.33 W/m ² °C	\$138.89	Nivel B	31.32																																																																																	
10 cm EPS	↓ K = 0.32 W/m ² °C		Nivel B	23.04																																																																																	
Con cielorraso suspendido																																																																																					
5 cm EPS	↑ K = 0.55 W/m ² °C	\$103.48	Nivel B	19.91																																																																																	
5 cm EPS	↓ K = 0.51 W/m ² °C		Nivel C	13.53																																																																																	
7 cm EPS	↑ K = 0.42 W/m ² °C	\$121.39	Nivel B	18.04																																																																																	
7 cm EPS	↓ K = 0.40 W/m ² °C		Nivel B	12.44																																																																																	
10 cm EPS	↑ K = 0.31 W/m ² °C	\$138.89	Nivel A	16.56																																																																																	
10 cm EPS	↓ K = 0.30 W/m ² °C		Nivel B	11.59																																																																																	

Figura 3: Fichas del componente CUBIERTA.

Por último se plantea la sistematización de la evaluación de los consumos energéticos y los costos económicos en su aplicación a escala urbana, mediante el empleo de los mosaicos urbanos representativos. En este sentido, la identificación de representatividad y evaluación de las tipologías edilicias en áreas representativas mayores permitirá conocer las potencialidades de ahorro energético en diferentes zonas de la ciudad, evaluar los impactos energético-ambientales del sector residencial, y modificar significativamente la matriz energética.

En función de lo expuesto y a modo de ejemplificación, se plantea la aplicación sobre una tipología de alta representatividad en nuestro contexto, la cual será adaptada a las condiciones exigidas por la Ley 13059 de eficiencia energética.

APLICACIÓN

En este apartado se trabaja en la descripción, análisis y evaluación térmica y económica de una tipología edilicia de alta representatividad. Se describen y evalúan sus características constructivas y térmicas. Se proponen mejoras tecnológico-constructivas (de acuerdo a las calidades materiales exigidas por la Ley 13059) y se evalúan desde sus variables térmicas y económicas. Por último se estima una aproximación en su aplicación masiva. En relación a este último punto, se está trabajando en la determinación de *mosaicos urbanos* como herramienta de rápida clasificación y reproducción a escala masiva. Pero al momento no se ha detectado con precisión la incidencia porcentual de cada tipología. Por lo tanto, a los fines de este ejemplo de aplicación, se realiza una aproximación en base a algunos estudios previos que determinan la cuantificación de las tipologías características en función del trabajo de campo sobre sectores representativos.


En cuanto a la elección de la tipología de análisis, fundamentado en su condición de representatividad, se ha optado por la elección de la "casa cajón" de iniciativa Estatal. Esta tipología formal representa un modelo nacido en los años 30, consecuencia de las importaciones de la arquitectura moderna europea. Fue ampliamente adoptada tanto en iniciativa estatal como privada, con antecedentes notorios como el Plan Eva Perón (PEP) y el FO.NA.VI.; o la reproducción masiva de carácter privado promovida por constructores que reconocían en esta tipología un modelo de gran eficiencia funcional. Por lo cual se consolidó como la tipología más recurrente en nuestro contexto (Rosenfeld, 1988). Pero su valor no radica en su pasado sino en su vigencia, puesto que la inmensa mayoría de los Planes Federales y Provinciales de vivienda social continúan basándose en esta tipología (con la salvedad que su calidad constructiva ha disminuido conforme avanzó el siglo).

Por consiguiente, adoptamos una vivienda específica que se corresponde con la tipología "cajón" de iniciativa Estatal, la cual se enmarca en las operatorias provinciales de los planes del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires (IVBA).

Análisis del estado base

Se describen las características constructivas y dimensionales de la casa cajón adoptada (Tabla 1). Se evalúa la transmitancia térmica (K) de los componentes de su envolvente y el coeficiente global de pérdidas térmicas (G), en relación a las exigencias de la Ley 13059.

CARACTERISTICAS DE LA CASA CAJÓN. Operatoria para la pcia. De Buenos Aires.



Superficie	59.20 m ² de superficie interior
Volumen	165 m ³ de volumen interior
Tecnología constructiva de la envolvente	
MURO	Revoque Interior grueso y fino a la cal fratazado (0.02m); mampostería de ladrillo cerámico hueco (0.18m); azotado hidrófugo (0.005m); revoque exterior grueso fratazado (0.015m). K = 1.6 W/m² °C (no cumple -Nivel C Verano; Nivel C Invierno -)
CUBIERTA	Cubierta de chapa ondulada de h° G° N°24; clavaderas 2"x2"; aislación térmica (3cm de EPS 20 kg/m ³); barrera de vapor (film de polietileno de 150 micrones); machimbre 1/2" x 4", tirantes de madera de 2" x 6". Cielorraso suspendido de placas de yeso. K = 0.84 W/m² °C (no cumple -Verano; Nivel C Invierno-)
ABERTURA	Vidrio simple de 3mm. K = 5.8 W/m² °C (no cumple)
G = 2.10 W/m³ °C (no cumple)	

Tabla 1: Características de la tipología de "casa cajón" adoptada.

Como se muestra en la tabla 1, la calidad tecnológico-constructiva del ejemplo no cumple con los requerimientos de la Ley. Por lo tanto, se proponen mejoras a través de la incorporación de 3cm de EPS en muros; 4 cm de EPS en cubierta y la sustitución del vidrio simple por Doble Vidriado Hermético (DVH).

Propuesta de mejoramiento: Evaluación térmica y económica.

Se trabaja en la adaptación o reciclado de la envolvente edilicia a los fines de cumplir con los valores de transmitancia térmica exigidos por la Ley 13059, debiendo ser de Nivel B para los componentes opacos y K5 para los componentes traslúcidos. Además del cumplimiento del valor admisible de coeficiente global de pérdidas térmicas. Por lo tanto se aplica:

-En MUROS, la incorporación de 3cm de EPS desde el exterior mediante la tecnología EIFS que se compone de la adhesión del EPS con pegamento cementicio, maya de fibra de vidrio y acabado final con revoque plástico. Obteniendo un $K = 0.67 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

-En CUBIERTA, 4cm de EPS de 20 kg/m³ por debajo de la chapa existente, debiendo desclavar las chapas, adicionar clavaderas y recolocar la cubierta. Obteniendo un $K = 0.42 \text{ W/m}^2\text{°C}$ (ascendente) y $K = 0.40 \text{ W/m}^2\text{°C}$ (descendente).

-En ABERTURAS, se sustituye el vidrio simple por DVH. Obteniendo un $K = 3.23 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Para la evaluación de las propuestas de mejoramiento se presenta un cuadro comparativo de los consumos en la condición base y mejorada (Tabla 2), en valores calculados mediante simulación estacionaria (IRAM 11604) y simulación dinámica (mediante EnergyPlus), en un valor medio entre las cuatro orientaciones posibles para una traza urbana de medio rumbo.

La simulación estacionaria se realiza para una temperatura base de invierno de 20°C (1678 Grados Día) y base de verano de 25°C (104 Grados Día); con 2 renovaciones horarias de aire; y un valor de "Coeficiente de intermitencia" de 19 (estimado como un uso de calefacción de 10hs diarias¹²) (Czajkowski, 1994; Rougeron, 1977). Para la simulación dinámica se igualaron los patrones, a los fines de establecer comparaciones precisas.

¹² "Coeficiente de intermitencia": corresponde a la relación entre las horas de insumo de calefacción diarias y la tecnología constructiva de la envolvente edilicia (pasada; semipesada o normal; y liviana).

	Base Estacionario	Base Dinámico	Mejorado Estacionario	Mejorado Dinámico
CONSUMOS ENERGÉTICOS				
[Kwh]	11156.51	8906.71	8376.01	7095.35
[m ³ de Gas Natural]	1029.09	821.57	772.61	654.48
[Kg de Gas Envasado]	799.40	638.20	600.17	508.41
[TEP]	0.96	0.77	0.72	0.68
REDUCCIONES				
[%]			25%	21%
COSTOS				
C O [\$] (Gas Natural)	463.09	369.71	347.67	294.52
C O [\$] (Gas Envasado)	1279.04	1021.12	960.27	813.46
C I I [\$]			16376.46	16376.46

Tabla 2: Consumos energéticos y Costos.

En la tabla 2 se observa que los valores de cargas térmicas se encuentran un tanto por encima de los consumos determinados en forma empírica (500 m³ (Barri, 2012)); pero se ubican en el orden de lo aceptable, de acuerdo con estudios empíricos realizados para la misma tipología¹³. De todas formas, esta diferencia entre lo empírico (500m³) y lo simulado (800m³) puede deberse a 1) que no se están calefaccionando todos los ambientes; 2) no se está cubriendo con el valor de confort establecido por Norma; o 3) la vivienda no tiene un uso intensivo.

Por otra parte, la variación detectada entre los valores de las simulaciones se suponen dentro de los órdenes lógicos que presenta el método estacionario basado en las pérdidas energéticas y estimaciones de uso (como las horas de climatización diarias o las renovaciones de aire); respecto del dinámico que incorpora al anterior algunas variables de ganancia solar y comportamientos térmicos del entorno.

En cuanto al análisis económico, se presenta un gráfico comparativo (Fig 4) de la situación original (base) respecto de la situación mejorada en una proyección a 35 años. Los costos se calculan como la sumatoria del Costo Operativo con el Costo Inicial de Inversión, incorporando un valor de inflación anual. Los costos operativos se obtienen a partir de la carga térmica anual Q (obtenida del análisis dinámico, por considerarse mas próximo a la realidad) calculada con un costo promedio de gas natural¹⁴ de 0.45 \$/m³ y con un costo de Gas Envasado de 1.60 \$/kg.. Los costos de inversión son estimados a partir de los valores expuestos en las fichas de reciclado de las figuras 2 y 3. A su vez estos valores son afectados por una tasa constante de inflación anual del 11%, establecida en función del valor del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) durante el año 2012.

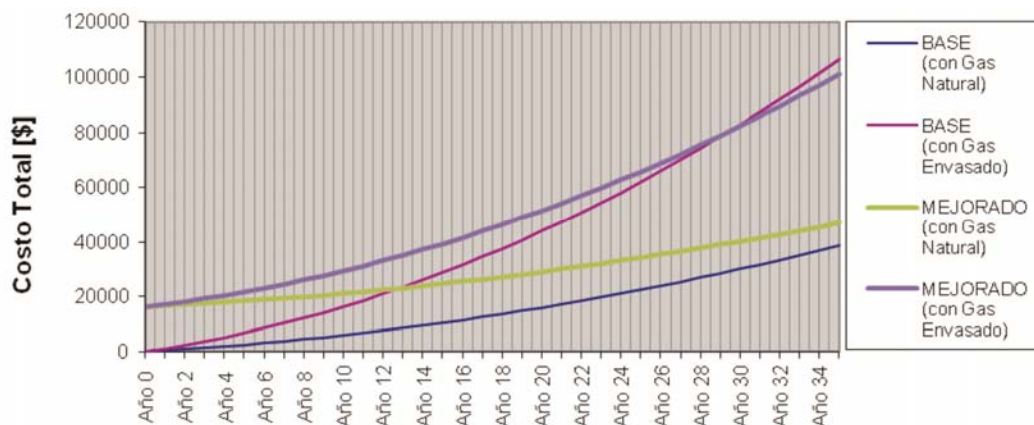


Figura 4. Diagrama de costo en función del tiempo.

A través de la figura 4 se establece que el Costo Inicial de Inversión es amortizado en 30 años si se utiliza Gas Envasado, y aproximadamente en 45 años si se utiliza gas natural; suponiendo que se mantiene constante la tasa de inflación y fundamentalmente la continuidad de las políticas de subsidio. En este caso se observa que el período de amortización para las

¹³ En el proyecto AUDIBAIRES se estimaron valores promedio de consumo energético para las distintas tipologías en nuestro contexto.

¹⁴ El valor se calcula como un medio entre el costo del combustible con subsidio y el GN importado y las cargas impositivas; para la categoría residencial con consumos entre 801 y 1000 m³, según la empresa distribuidora Camuzzi Gas Pampeana S.A. <http://www.camuzzigas.com/clientes-residenciales.php>. Visto 05/07/2013.

viviendas abastecidas con GN es muy extenso, producto de los bajos costos del combustible subvencionado que desestimulan la idea de mejorar la eficiencia térmica de la vivienda; al menos desde la variable económica. De todas formas, conforme los consumos superan los 1500m³ anuales también aumentan los costos del GN y se reducen los subsidios (Camuzzi S.A., empresa proveedora), obteniendo amortizaciones mas próximas que estimulan al mejoramiento de la envolvente.

Aplicación a escala masiva

En este apartado se muestra la aplicación de la metodología en su nivel supraunitario, que se integra de las áreas urbanas homogéneas; identificadas y clasificadas según mosaicos urbanos. Es a partir de la detección de representatividad (%) de cada tipología residencial en los diversos mosaicos y su mejoramiento tecnológico-constructivo y evaluación térmica y económica particular que se estarían incluyendo respuestas de reciclado para los 260000 hogares de la ciudad de La Plata.

En este sentido, se estima la cuantificación de la incidencia porcentual de la tipología del ejemplo de aplicación: la casa cajón. Mediante lo cual se podría estimar un valor esquemático de ahorro energético si se aplicase como estimación un valor similar de reducción.

De esta manera recurrimos a estudios realizados por Viegas a partir de mosaicos urbanos (2010) en los cuales se establece a la ciudad de La Plata con una alta predominancia de áreas de media consolidación; en lo cual se establece que el 41.2% de sus viviendas son compactas de una planta, en lo cual el 20% corresponde a una tipología similar a la evaluada como “casa cajón con techo de chapa”. Por lo tanto, si consideramos que se recicla cada una de las viviendas de la misma tipología (20% de 260000 hogares en La Plata = 52000 hogares de “casa cajón”) y se obtienen valores similares de ahorro energético (del orden de 21%), se lograría una reducción del orden de 9.000.000 de m³ de Gas Natural o 7.000.000 de kg de Gas Envasado, anualmente (8411 TEP).

CONCLUSIONES

El trabajo presenta un desarrollo y aplicación en la confección de métodos de abordaje sistemático hacia el mejoramiento energético de la edificación, a gran escala. En su desarrollo se verifica que 1) el reciclado de la edificación existente mejora la eficiencia energética y las condiciones de habitabilidad; y 2) se verifica que su aplicación asegura un beneficio económico en un plazo mediano perfectamente afrontable, además de las mejoras inmediatas que se logran en cuanto a las condiciones higrotérmicas, de habitabilidad y las reducciones en las potencias de los equipos de climatización.

En cuanto al abordaje a gran escala, se verifica que la sistematización de tecnologías de reciclado de la edificación tipológica individual es apta para expandir sus resultados a escala urbana y reproducir las propuestas de mejoramiento. Esto permite minimizar la demanda del sector residencial modificando así la relación entre sectores de la matriz energética nacional. Los beneficios responden también a diferentes escalas, ya que involucra directamente a usuarios individuales, quienes amortizan los costos iniciales de reciclaje en plazos mediatos, así como al colectivo de la población y al Estado, ya que esta reducción permitiría prescindir de las importaciones de combustible y replantear las políticas de subsidio. En números más concretos, si consideramos que cada hogar de La Plata consume aproximadamente 0.94 TEP anuales (Barri, 2012) y que el 50% de dicha demanda se insume para climatización (Evans, 2005) se estima que la aplicación masiva de la mejora tecnológico-constructiva al total de las tipologías en cuestión (20% de los 260000 hogares) determinarían una reducción del 6.9% en el consumo energético total del sector residencial de la ciudad de La Plata.

A su vez, este trabajo focaliza en dos líneas: la primera es la de desarrollar una aplicación particular orientada a instrumentar una metodología de abordaje masivo; la segunda es la de corroborar que la aplicación de las condiciones térmico-constructivas exigidas por la Ley 13059 de la Pcia. de Bs. As. para las nuevas construcciones también puede ser aplicables en la edificación construida. Al respecto, son dos los desafíos: i) uno es coordinar y establecer estrategias de reciclado masivo a partir de evaluar y proponer soluciones concretas en los hogares existentes, en donde nuestra metodología pretende brindar un aporte significativo; ii) el otro tiene que ver con el aporte económico necesario, si bien en este ejemplo sólo está planteada la inversión y amortización, se entiende que se requeriría de la generación de algún programa de financiación y/o apoyo económico que incluya en su análisis final criterios holísticos (inversión, eficiencia, habitabilidad, impacto ambiental, subsidios, ternos de inversión, etc.).

Respecto de este último punto, se entiende que el Estado (a través de los organismos pertinentes) contaría con la estructura necesaria para promover una inversión de este tipo por dos motivos principales: 1) a diferencia de los capitales privados, el Estado incorpora en la ecuación de ganancias el bienestar de los ciudadanos, permitiéndose una amortización económica en plazos mediatos; 2) la ejecución de un plan de reciclado masivo aseguraría una disminución en la demanda energética, favoreciendo la disminución de las subvenciones energéticas vigentes a nivel nacional.

REFERENCIAS

- Balace Energético Nacional 2010. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión pública y servicios. Argentina. <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>. Visto marzo, 2013.
- Czajkowski, J. D.; Gómez, A. F. (1994). “*Diseño bioclimático y economía energética edificación. Fundamentos y métodos*”. Colección Cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Evans, John Martin (2005). “*Energía en el hábitat construido: panorama en Argentina*”. En libro: Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América. Libro de ponencias del seminario. Lisboa: Helder Gonçalves editor, pp. 100.

- Instituto Argentina de Normalización y Certificación (IRAM). Normas Técnicas Argentinas: 11601 (2004); 11603 (1996); 11604 (2004); 11605 (2002). Buenos Aires, Argentina.
- Rodriguez L., Martini I., Discoli C. (2012). *Metodología para el análisis del reciclado edilicio residencial orientado a la eficiencia energética: índice de elasticidad energético-económico*. En Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. ASADES. ISSN 0329-5184. Volumen 16, pp. 51-58.
- Rosenfeld et al. (1988) Plan piloto de Evaluaciones energéticas de la zona Capital Federal y Gran Bs As. AUDIBAIRES. Concurso Nacional organizado por la CIC y Secretaría de Energía de la Nación. Contrato SE N1 1399/83.
- Rosenfeld, E. et al. (1993). Mejoramiento de las Condiciones Energéticas y de Habitabilidad del Hábitat Bonaerense. CONICET Expte: 03662/89; Legajo: 306590088. IDEHAB. FAU. UNLP.
- Rougeron Claude (1977). Aislamiento acústico y térmico en la construcción. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.
- Viegas, G. (2010). Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno en áreas urbanas de media y baja consolidación. La ciudad de La Plata como caso de estudio. Tesis de Doctorado en Ciencias- Área Energías Renovables, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.

ABSTRACT: The paper presents a methodology for analyzing and evaluating the thermal qualities and habitability conditions of the existing residential buildings in massive application, according to requirements of the Law 13059 of the Province of Buenos Aires. Through this study, conclusions that support the incorporation of energy efficiency to existing buildings are shown, in addition to the Law that affects only new construction. The methodology for classification and evaluation of the existing residential buildings is described. An example of application to a representative typology is shown, which is reproduced in a larger universe. Thus we conclude that the application of the conditions required by Law 13059 on the existing buildings would ensure benefits for each person and for society; being the State the suitable promoter for a massive retrofitting plan.

Keywords: Energy efficiency; Habitability; Residential building retrofitting.