

POTENCIALIDAD DEL ETIQUETADO DE VIVIENDAS PARA EL ANÁLISIS DEL AHORRO ENERGÉTICO: DOS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN UN CASO DE ESTUDIO

Amalita Fernández, David Elsinger, Beatriz Garzón

Grupo de Hábitat Sustentable y Sostenible (GHabSS); Facultad de Arquitectura y Urbanismo FAU,
Universidad Nacional de Tucumán UNT - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Tecnológicas CONICET; Tucumán, Argentina.
Av. Néstor Kirchner 1900, S.M. de Tucumán, CP 4000, Tucumán

RESUMEN: A partir del cálculo de la incidencia de una envolvente térmicamente eficiente en la etiqueta energética de una vivienda, el presente trabajo tiene por objetivo analizar el posible uso de dicha etiqueta como un estímulo a la inversión en envolventes más eficientes que las tradicionales. Para ello, se toma como caso de estudio una construcción existente que posee una tecnología no convencional, el sistema CASSAFORMA®; y, se lo compara con la etiqueta obtenida para la misma vivienda con el sistema tradicional. Los resultados alcanzados demuestran que el ahorro energético es visiblemente contrastable y susceptible a ser traducido a pesos argentinos. En este caso de estudio, con 2 soluciones constructivas posibles de cerramientos verticales, es posible observar la potencialidad del etiquetado de viviendas como herramienta para el análisis del ahorro energético; la cual, además, permitiría estimular la inversión en envolventes más eficientes que las tradicionales.

Palabras clave: Eficiencia Energética. Etiquetado energético. Envolvente edilicia.

INTRODUCCIÓN

El sector edilicio presenta un elevado impacto ambiental, tanto desde el punto de vista de las emisiones de CO₂ como desde el consumo energético. El mismo es responsable del 36 % de las emanaciones de dióxido de carbono y del 40 % del consumo energético total en el mundo (Rivero Camacho, *et al*, 2018). En Argentina, el 37 % del consumo energético de la matriz nacional es ocupado por el sector edilicio, en donde la climatización es el ítem más representativo de dicho consumo (Kuchen y Kozak, 2020). Se estima que, sobre el total de la energía empleada para la climatización de ambientes, se desperdicia un 50 % por las ganancias o pérdidas de calor a través de los cerramientos opacos del edificio (Venhaus-Held, Alías y Jacobo, 2017).

A raíz de la importancia de los cerramientos opacos, es importante destacar que el parámetro de diseño más importante para regular y controlar el confort térmico de una edificación en un clima cálido húmedo es la envolvente de la edificación. Es indispensable, ya que un adecuado diseño de la envolvente reduce de manera considerable los consumos energéticos (González Vásquez y Molina-Prieto, 2017). Sadinesi, Madala y Boehm (2011) consideran que los muros conforman la fracción predominante de la envolvente arquitectónica, es la que provee el confort térmico y acústico, y es el elemento que mayor aporte estético hace a la construcción. Por su parte, la norma IRAM 11603 (2012) exige valores de transmitancia térmica inferiores para techos en relación con los muros.

En cuanto a esquemas de certificación energética para edificios, a principios de la década de 1990 surgen como método esencial para mejorar la EE, minimizando el consumo de energía y permitiendo mayor transparencia con respecto al uso de energía en edificios (Pérez-Lombard, Ortiz, González y

Maes, 2009). Dichas certificaciones juegan un papel importante en la mejora de la EE, ya que permiten valorar y comparar diferentes edificios y sus características en lo relativo a demanda y consumo energético (López-Asiain, García Fernández y de Tejada Alonso, 2020). Asimismo, las clasificaciones de energía surgieron también como herramientas para minimizar el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero y promover una mayor transparencia con respecto al uso de energía en los edificios (Reus-Netto, Mercader-Moyano y Czajkowski, 2019).

En la actualidad, existen tecnologías no convencionales para la construcción de envolventes, conocidas como sistemas industrializados, que intentan imponerse por sobre las prácticas tradicionales. Algunas de ellas conforman sistemas totalmente diferentes y otras se materializan como sistemas híbridos. En la provincia de Tucumán, algunos referentes son CASSAFORMA®, RETAK®, NEW PANEL®, STEEL FRAMING, entre otros. Herrera, Gómez Piovano y Mesa (2012), luego de analizar cinco sistemas constructivos alternativos en la provincia de Mendoza, enuncian que los sistemas industrializados son capaces de reducir el consumo energético por calefacción de una vivienda sin incrementar los costos de obra.

El objetivo del presente trabajo es demostrar la incidencia de una envolvente más eficiente térmicamente como elemento pasivo en la etiqueta energética de una vivienda situada en San Miguel de Tucumán - Tucumán. Asimismo, cuantificar en pesos argentinos el ahorro energético producido por la implementación de la envolvente. Por último, analizar el posible uso del etiquetador energético como un estímulo a la inversión en envolventes más eficientes que las tradicionales.

METODOLOGÍA

La metodología empleada consiste en realizar, en un primer momento, un etiquetado de eficiencia energética efectuado sobre una vivienda unifamiliar construida con una técnica no tradicional: el sistema CASSAFORMA®. A posteriori, se efectúa el mismo etiquetado de la vivienda variando la técnica constructiva por una de tipo tradicional y de uso intensivo en el medio provincial: la mampostería de ladrillo hueco con ambas caras revocadas. Ambos procedimientos se realizan a partir del software Aplicativo de Cálculo (Etiquetado de Viviendas, 2021) que promueve la Secretaría de Energía de la Nación, según exigencias de la norma IRAM 11900 (2017). A partir de ello, se obtiene el valor característico Índice de Prestaciones energéticas (IPE) expresado en kWh/m²año y la “Clase de Eficiencia Energética”, como así también el requerimiento de energía secundaria anual. Por último, con ambos etiquetados, se contrastan sus valores para conocer las mejoras en términos de EE de la vivienda original en comparación con la alternativa constructiva en técnica tradicional. Luego, se comparan los requerimientos anuales de electricidad y se calcula el consumo en pesos argentinos, para obtener el ahorro económico que supone construir con técnicas tradicionales.

RESULTADOS

Identificación del prototipo

El prototipo a analizar se ubica en las afueras de la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia. La misma presenta condiciones críticas de temperatura tanto en invierno como en verano, alejándose en ambos casos de la zona de confort. La temperatura máxima media es de 32 °C y la mínima media de 7 °C (Estación Experimental Agrometeorológica Obispo Colombres, 2019). Se ubica en la zona bioclimática II, cálida, subzona b. Esta zona se caracteriza por tener como estación más crítica el verano, con valores de temperatura media superiores a 24 °C y máximas superiores a 30 °C. El invierno es más seco y las temperaturas oscilan entre 8 °C y 12 °C. La subzona b, se define por presentar amplitudes térmicas inferiores a los 14°C (IRAM 2012).

El caso de estudio consiste en una vivienda unifamiliar resuelta íntegramente en planta baja. La misma se emplaza en un terreno con un eje principal en sentido norte-sur, quedando el frente y contrafrente orientados hacia dichos puntos respectivamente. Cuenta con una superficie construida de 150 m²

cubiertos. La vivienda presenta tres dormitorios, de los cuales uno posee baño y vestidor, dos baños, un toilette, cocina separada, estar-comedor, estar íntimo, garaje para dos automóviles, galería con asador y un baño y lavadero exteriores.

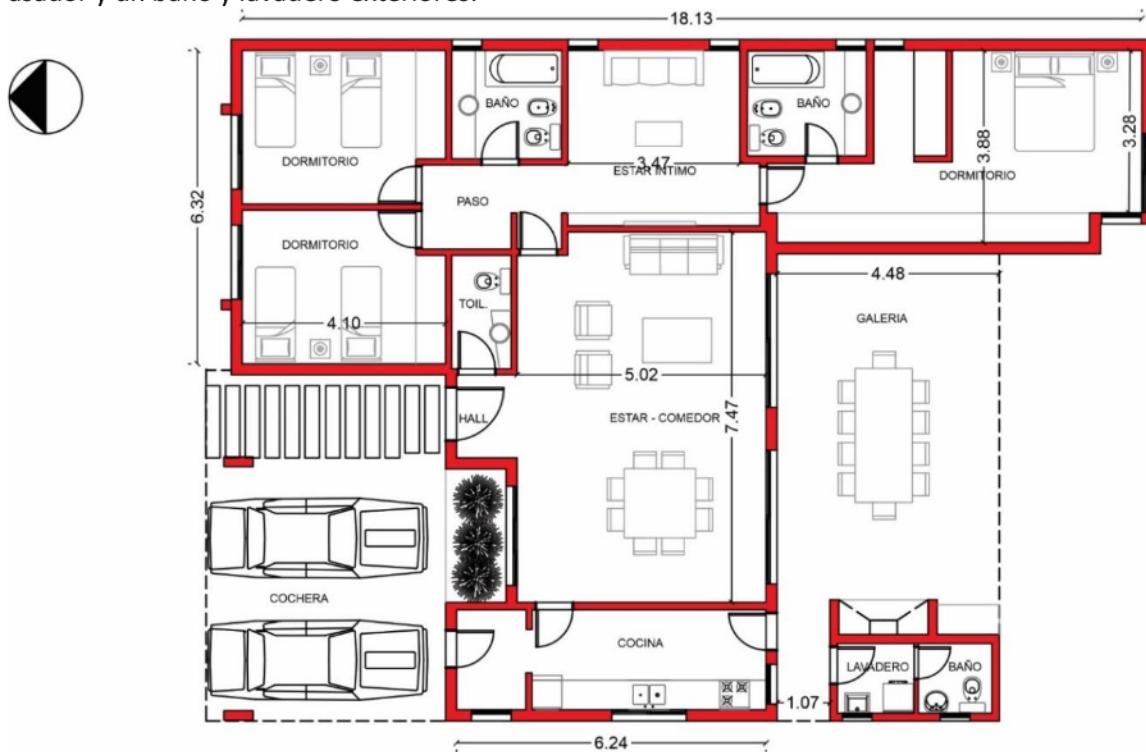


Figura 1: Planimetría del caso de análisis. Fuente: elaboración propia a partir de planimetría otorgada por el proyectista.

En cuanto a la materialización, su estructura consiste en una platea de fundación de hormigón armado, donde se fijan unos tabiques portantes antisísmicos materializados con el sistema constructivo tipo CASSAFORMA®. Este sistema consiste en paneles de poliestireno expandido de 80 mm, con mallas de acero de alta resistencia, revocados en ambas caras con mortero cementicio con aditivos (Figura 2). Las cubiertas se materializaron con una estructura metálica con cubierta de chapa sinusoidal común calibre 25. La misma presenta, en su cara interior, una capa de 1 cm de espuma de polietileno con una cara aluminizada. El cielorraso es suspendido de yeso y placas de roca-yeso, sobre el cual se coloca una capa de dos pulgadas de lana de vidrio con aluminio en una de sus caras. Las carpinterías exteriores son de aluminio blanco pre pintado, con vidrio común y vidrio laminado, sin protecciones móviles externas.

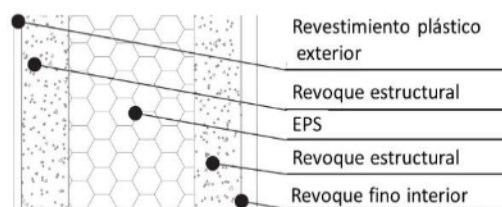


Figura 2: Detalle constructivo muro con sistema CASSAFORMA®. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la energía empleada, se utiliza electricidad para calefaccionar y refrigerar los distintos ambientes con sistemas de aire acondicionado tipo Split, con una etiqueta de EE clase A. La iluminación se resuelve íntegramente con luminarias LED. La generación de agua caliente sanitaria se realiza de dos maneras; por un lado, se emplea un sistema convencional con un calefón a gas de tiro natural que se lo complementa con un sistema no convencional con uso de energía renovable (solar) colector solar de 200 l de tubos de vacío.

Para efectuar posteriormente el estudio de comportamiento térmico y la comparación con una tecnología tradicional, se toma el mismo prototipo, pero se modifica la solución constructiva de los muros por ladrillo cerámico hueco de 0,18 m revocado en ambas caras.

Índice de prestaciones energéticas

El Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) es un valor característico de la vivienda que representa el requerimiento de energía primaria que tendría la normal utilización de la misma, en el transcurso de un año y por unidad de superficie, metro cuadrado, para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación. Dicho valor, determina la "Clase de Eficiencia Energética" (escala de letras desde la "A" hasta la "G"), la cual define la Etiqueta de Eficiencia Energética. Los rangos de valores absolutos de IPE, son específicos para cada región del país. Para el caso de San Miguel de Tucumán, la etiqueta abarca un rango que va desde 35 KWh/m²año (Clase A) hasta 270 KWh/m²año (Clase F), siendo, cualquier valor superior a este clasificable en la Clase G (Etiquetado de Viviendas, 2021).

El prototipo CASSAFORMA® etiquetado, presenta un IPE de 74 KWh/m²año, posicionándose en Clase B, según la escala de etiquetas definida para San Miguel de Tucumán por el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas. Para el caso del prototipo con muros de ladrillo hueco, su etiqueta presenta un IPE de 88 KWh/m²año, ubicándose en Clase C (Figura 2).

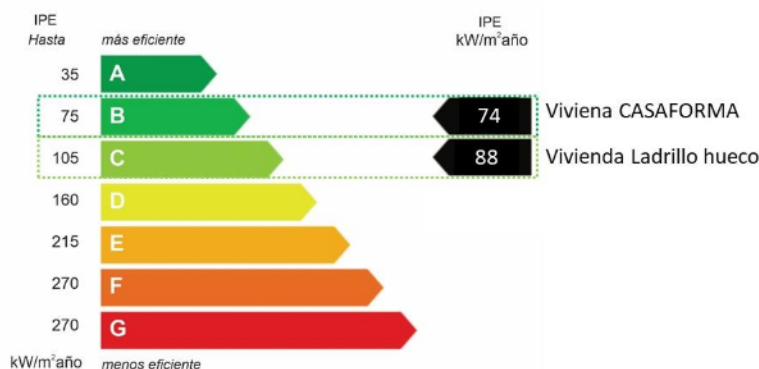


Figura 2: Etiqueta de Eficiencia Energética para ambas viviendas. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al requerimiento específico de energía, se puede observar que, para la vivienda CASSAFORMA®, el mayor requerimiento energético anual se da para el acondicionamiento térmico de los ambientes (67 KWh/m²año), siendo la refrigeración el mayor de todos (40 KWh/m²año). Para el caso de la vivienda con ladrillo hueco, también resulta mayor la energía primaria destinada a la climatización de espacios; sin embargo, ésta es considerablemente mayor a la de la vivienda CASSAFORMA®, un 32,5 % superior. Para este último caso, la calefacción demanda un mayor requerimiento que la refrigeración (Tabla 1).

Destino de la energía requerida	Requerimiento específico de energía [KW/m ² año]			Destino de la energía requerida	Requerimiento específico de energía [KW/m ² año]		
	Útil	Neta	Primaria		Útil	Neta	Primaria
Calefacción	30	8	27	Calefacción	45	12	41
Refrigeración	38	12	40	Refrigeración	39	12	40
Producción de ACS	9	12	15	Producción de ACS	9	12	15
Iluminación	-	1	4	Iluminación	-	1	4
Requerimiento específico global de energía			85	Requerimiento específico global de energía			100
Contribución específica de energías renovables			12	Contribución específica de energías renovables			12
Índice de Prestaciones Energéticas			74	Índice de Prestaciones Energéticas			88

Tabla 1. Requerimiento específico de energía para los casos de estudio. Fuente: elaboración propia.

Comportamiento térmico de la envolvente

En cuanto al comportamiento térmico de la envolvente, se observa que la situación más crítica se da debido a las carpinterías, las mismas presentan mayores ganancias en verano y pérdidas en invierno. También, se puede observar que para el caso de construcción tradicional aumenta considerablemente el impacto de los muros en las pérdidas y ganancias térmicas a través de la envolvente (Figuras 3 y 4).

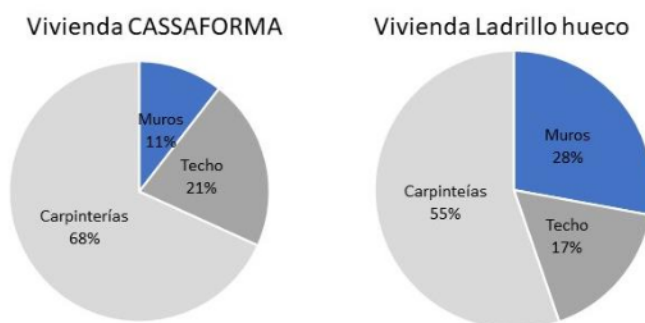


Figura 3: Pérdidas de calor a través de la envolvente en invierno. Fuente: elaboración propia

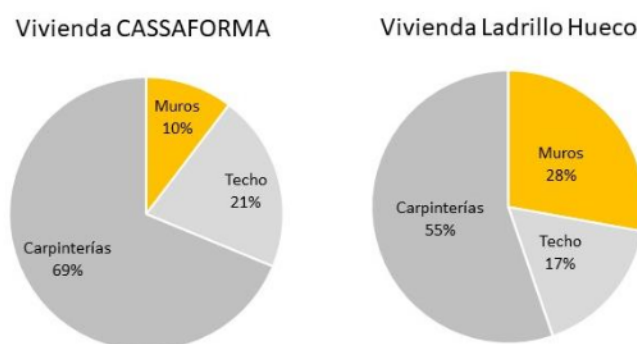


Figura 4: Ganancias de calor a través de la envolvente en verano. Fuente: elaboración propia.

A través de la Etiqueta de EE, se obtiene el valor característico IPE, el cual representa el requerimiento energético en kWh/m²año de energía primaria, fuentes de energía en el estado en que se extraen o capturan de la naturaleza, ya sea en forma directa (hidráulica, eólica, solar) o indirecta, es decir, derivada de un proceso de extracción o recolección de la misma (petróleo, carbón mineral, uranio, biomasa, entre otros). Es por ello que se considera a este valor como teórico y no como representativo del consumo final de la vivienda que se reflejará en la boleta de servicio. A su vez, el aplicativo presenta, para cada uno de los vectores energéticos involucrados, un detalle de requerimientos de energía secundaria de la vivienda (Tabla 2). Se indica el valor para calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria, iluminación y la suma total.

Vector energético	Total [kWh/año]	Calefacción [kWh/año]	Refrigeración [kWh/año]	ACS [kWh/año]	Iluminación [kWh/año]
Vivienda CASSAFORMA®					
Gas distribuido por redes	1.518	0	0	1.518	0
Electricidad	2.743	1.063	1.535	0	145
Vivienda ladrillo hueco					
Gas distribuido por redes	1.518	0	0	1.518	0
Electricidad	3.317	1.601	1.570	0	145

Tabla 2. Requerimiento de energía secundaria para las viviendas evaluadas. Fuente: elaboración propia.

Puede observarse una diferencia en el requerimiento total de electricidad, ya que es esta la fuente de energía empleada para el acondicionamiento térmico de los ambientes.

Valoración económica

A partir de este valor de requerimiento de energía secundaria y suponiendo un consumo energético igual al requerimiento energético, se procede a traducir este consumo teórico de energía eléctrica a pesos argentinos. En Tucumán la empresa distribuidora es EDET S.A., la cual realiza una facturación bimestral; es, por ello, que al consumo eléctrico anual se lo divide en seis, para obtener un valor promedio cada dos meses. A partir de esto, se emplean valores del último cuadro tarifario de EDET, (Resolución ERSEPT N.º 232/21).

Vivienda	Costo fijo	Precio por consumo \$/kWh	Consumo teórico-total bimestral
Vivienda CASSAFORMA®	\$ 528,83	\$1391,66	\$1920,49
Vivienda alternativa	\$1144,26	\$1687,15	\$2831,41
Ahorro			32,2 %

Tabla 3. Evaluación económica del consumo de energía eléctrica para las viviendas analizadas. Fuente: elaboración propia.

El cuadro tarifario de EDET contempla un costo fijo, dado en función del consumo promedio mensual, y un costo variable en relación al consumo energético en kWh. Por lo tanto, la relación en el consumo teórico en pesos entre ambas viviendas es superior a la relación de consumo en kWh ya que la vivienda de ladrillo presenta un costo fijo que duplica al valor de la vivienda CASSAFORMA®, por consumir más de 251 kWh/mes. Se estima un ahorro de un 32,2 % bimestral, lo cual se traduce a \$ 5.465,52 pesos anuales.

Por otro lado, el costo constructivo resulta solo un 4,53 % mayor para el sistema CASSAFORMA® con respecto al muro de ladrillo hueco, siendo en el total de la vivienda una diferencia en pesos argentinos de \$ 46.200,00.

Tipología constructiva	Materiales	Mano de obra	\$/m ²	TOTAL vivienda
Sistema CASSAFORMA®	\$ 2.650,00	\$ 2.400,00	\$ 5.050,00	\$ 1.060.500,00
Mampostería de ladrillo hueco 18	\$ 1.963,47	\$ 2.866,00	\$ 4.830,00	\$ 1.014.300,00
Diferencia				\$ 46.200,00

Tabla 4. Evaluación económica del costo de construcción de ambos sistemas constructivos. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIONES

En cuanto a las variables analizadas en los casos de estudio, los resultados alcanzados son, en su mayor parte, los esperados. Sin embargo, es interesante denotar que, aunque el ahorro energético alcanza un 32,2 %, el ahorro en anual en moneda local asciende a los \$ 5.465,52 pesos. Este último valor puede ser considerado bajo teniendo en cuenta que representa aproximadamente sólo el 2 % de los ingresos anuales percibidos por el Salario Mínimo Vital y Móvil de una persona en Argentina (Resolución N.º 6/2021 Consejo Nacional del Empleo, la Productividad y el Salario Mínimo Vital y Móvil 6 de julio 2021). Asimismo, es importante resaltar que las fluctuaciones en las tarifas del servicio de energía eléctrica afectan directamente a estos valores. Por lo expresado, cabe preguntarse cuál es o cuáles son los aspectos más importantes del etiquetado energético como una herramienta de estímulo a la inversión en envolventes más eficientes: ¿el ahorro energético expresado en kWh/año?, ¿el ahorro energético expresado en pesos argentinos?, o ¿el índice de prestaciones energéticas expresado en la escala de "A" a "G"?

CONCLUSIONES

El presente trabajo compara, a través del Etiquetado Energético, dos soluciones constructivas para la envolvente de una vivienda. La primera de ellas, una construcción tipo CASSAFORMA, con aislación térmica, y la segunda, una construcción tradicional con ladrillos huecos revocados sin aislación térmica. La incidencia de la etiqueta energética a raíz de la modificación de los cerramientos verticales exteriores es esperable ya que se alcanza la clasificación C para la situación sin aislación térmica y la clasificación B para la solución que incorpora aislación.

En cuanto al costo de construcción, la opción con aislación térmica presenta un incremento del 4,53 % sobre la que no tiene aislación. Sin embargo, el ahorro energético de la primera alcanza un 32,2 %, porcentaje que se traduce a un monto de pesos argentinos \$ 5.465,52/año. Los resultados ilustran una leve diferencia en el incremento del costo de construcción y un ahorro energético razonable. Esto se interpreta como una inversión inicial en el costo de construcción casi despreciable que cuenta con la garantía de un ahorro anual en moneda local debido a un comportamiento más eficiente de la vivienda frente al requerimiento energético.

En esta situación planteada, un caso de estudio con 2 soluciones constructivas posibles de cerramientos verticales, es posible advertir la potencialidad del etiquetado de viviendas como herramienta para el análisis del ahorro energético. Esto permitiría estimular la inversión en envolventes más eficientes que las tradicionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Arq. Luis Alurralde, como representante legal del sistema CASSAFORMA®, por la información brindada para colaborar con el presente estudio.

REFERENCIAS

- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. (2019). Datos meteorológicos por localidad. <http://www.eeaoc.org.ar/agromet/index.php>
- Etiquetado de viviendas. (15 de agosto 2021). Etiquetado de viviendas Aplicativo Informático. https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/#aplicativo_informatico
- González Vásquez, M. R. y Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Arkitekturax Visión FUA*, 1(1), 49-61. <https://doi.org/10.29097/26191709.201>
- Hernández, L. R., y Salomón, J. E. A. (2004). Efecto de los factores ambientales, laborales y psicosociales, en el síndrome del edificio enfermo. *Ingeniería*, 8(2), 1-8.
- Herrera, M. M., Gómez Piovano, M. J., y Mesa, N. A. (2012). Evaluación térmica y económica comparativa de tecnologías constructivas alternativas para ser aplicadas en los planes de préstamos de vivienda propia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 5, 25-32.
- IRAM 11603 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2012). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Tercera edición.
- IRAM 11900 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2017). Prestaciones energéticas en viviendas, Método de cálculo. Segunda edición.
- Kuchen, E, y Kozak, D. (2020). Transición energética argentina. El nuevo estándar de eficiencia energética en la evaluación de la vivienda social. Caso de estudio: vivienda de barrio Papa Francisco. *Hábitat sustentable*, 10(1), 44-55. <https://dx.doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.04>
- López-Asiain, J., García, M. D. L. N. G., Fernández, C. M. y de Tejada Alonso, A. P. (2020). Influencia de la metodología para la certificación energética de edificios sobre los resultados en el indicador de agua caliente sanitaria. *DYNA*, 95(3), 257-260.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. R., González, R. y Maes, I.R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy Build*, 41, 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.004>

- Reus-Netto, G., Mercader-Moyano, P., y Czajkowski, J. D. (2019). Methodological Approach for the Development of a Simplified Residential Building Energy Estimation in Temperate Climate. *Sustainability*, 11(15), 4040. <https://doi.org/10.3390/su11154040>
- Rivero Camacho, C., Pereira, J., Gomes, M. G., y Marrero, M. (2018). Huella de carbono como instrumento de decisión en la rehabilitación energética. Películas de control solar frente a la sustitución de ventanas. *Revista hábitat sustentable*, 8(2), 20-31. <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.02>
- Sadineni, S. B., Madala, S. y Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (8), 3617-3631.
- Vásquez, M. R. G. y Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Arquitecturax Visión FUA*, 1(1), 49-61.
- Venhaus-Held, M., Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2017). Las envolventes constructivas en la construcción no convencional de edificios del nordeste argentino y el problema de los puentes térmicos. *Hábitat Sustentable*, 7(31), 24-31.

ABSTRACT: Based on the calculation of the incidence of a thermally efficient enclosure on the energy label of a home, the objective of this study is to analyze the possible use of said label as a stimulus to investment in more efficient enclosures than traditional ones. For this, an existing construction that has an unconventional technology, the CASSAFORMA® system, is taken as study case; and it is compared with the label obtained for the same home with a traditional system. The results achieved show that energy savings are visibly verifiable and can be translated into Argentine pesos. In this study case, with 2 possible constructive solutions for walls, is possible to observe the potential of housing labeling as a tool for analyzing energy savings; which, in addition, will allow to stimulate investment in more efficient enclosures than traditional ones.

KEYWORDS: Energy efficiency. House labelling. Building envelope.