

Análisis del impacto de diferentes tecnologías y materiales constructivos en la eficiencia energética.

Analysis of the impact of different technologies and building materials on energy efficiency.

Presentación: Octubre 2023

Oliva Francisco

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

foliva@frsf.utn.edu.ar

Vetcher Paula

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

pvetcher@frsf.utn.edu.ar

Aguado Franco

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

faguado@frsf.utn.edu.ar

Resumen

El presente trabajo busca evaluar la sensibilidad del software de etiquetado de viviendas, instaurado por la Provincia de Santa Fe a través de la Ley de Eficiencia Energética (13.903/19). Para lograrlo, se modificó sobre un modelo base la tipología de las envolventes, la posición geográfica, la optimización de equipos de refrigeración y calefacción de ambientes habitables y la inclusión de fuentes renovables de generación de energía. Se consideraron distintas prácticas constructivas habituales en la región, como ser muros compuestos por ladrillos cerámicos, macizos y huecos y bloques de hormigón celular curado en autoclave. El resultado fue un cambio en la etiqueta de eficiencia energética, obteniendo mejoras asociadas al uso de energía renovables y estrategias pasivas de arquitectura. Además, fue posible concluir que a mayor espesor se mejora el coeficiente de intercambio térmico y la clasificación en general.

Palabras clave: Eficiencia Energética – Etiquetado Energético – Índice de Prestaciones Energéticas

Abstract

The present work aims to evaluate the sensitivity of the housing labeling software, implemented by the Province of Santa Fe through the Energy Efficiency Law (13.903/19). To achieve this, the typology of the envelopes, the geographical position, the optimization of cooling and heating equipment of living environments and the inclusion of renewable sources of energy generation were modified on a base model. Different construction practices common in the region were considered, such as walls composed of ceramic, solid and hollow bricks and autoclaved cellular concrete blocks. The result was a change in the energy efficiency label, obtaining improvements associated with the use of renewable energy and passive architectural strategies. In addition, it was possible to conclude that the greater the thickness, the better the heat exchange coefficient and the overall classification.

Keywords: Energy Efficiency – Energy Labeling – Labeling Law.

Introducción

La eficiencia energética en las construcciones residenciales tiene como objetivo utilizar los mínimos recursos energéticos para lograr el nivel de confort deseado, apoyándose de la arquitectura bioclimática y el diseño pasivo de edificios. El diseño pasivo de edificios se define como aquel para conseguir un clima interior confortable sin un dispositivo de calefacción activa, siendo capaces de alcanzar los requisitos energéticos más bajos mediante un equilibrio entre las pérdidas y las ganancias de calor con respecto a las condiciones climáticas particulares del edificio. Una práctica adecuada del diseño pasivo implica varios aspectos del diseño del edificio, como la orientación de las fachadas principales y ventanas, espesor de las paredes, aislamiento térmico, detalles de las ventanas solar pasiva, dispositivos de sombreado, etc. (Omran and Marsono, 2016: 1-16).

A nivel global, aproximadamente entre el 30% y el 40% de la energía primaria se destina al funcionamiento de edificaciones privadas, siendo estas responsables de alrededor del 40% al 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Si bien el consumo de energía está ligado a una mejora del nivel de vida del usuario, el panorama energético mundial conlleva a que el sector de la construcción logre una evolución sustentable en la sociedad, minimizando su impacto ambiental y a la vez generando notables ventajas económicas y sociales. Para alcanzar estos propósitos de sustentabilidad, se requiere adoptar un enfoque multidisciplinario que abarque diversos aspectos tales como la eficiencia energética, la optimización del uso de materiales, incluyendo el agua, la reutilización y reciclaje de materiales, y el control de emisiones (Sulaiman et al. 2019: 248-261).

En la República Argentina, según la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA), aproximadamente el 60 % de la generación de energía eléctrica es térmica, lo cual implica la combustión de combustibles fósiles y el consecuente impacto ambiental. Alrededor del año 2007 surge el Decreto Nacional 0140/2007, el cual declara de interés el uso racional y eficiente de la energía. En 2015, por Decreto Nacional 0231/2015 se crea la Subsecretaría de Eficiencia Energética otorgando de esta manera jerarquía institucional a la problemática. A nivel local, la Provincia de Santa Fe aparece como pionera al promulgar la primera Ley de Eficiencia Energética, la N° 13.903/19, estableciendo un procedimiento de “Etiquetado de Eficiencia Energética” para inmuebles destinados a vivienda, y otorgando una clase según el consumo de energía primaria. Esta categorización se realiza por medio de un escalafón con actualizaciones periódicas basado en el “IPE”: Índice de Prestaciones Energéticas. En el boletín oficial del “Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas”, esta variable se define como un valor característico de cierto inmueble que representa una estimación de la energía primaria que demandaría la normal utilización de dicho inmueble durante un año y por metro cuadrado de superficie útil para satisfacer las necesidades asociadas a calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación; y se expresa en kWh/m² año.

En etapas anteriores del proyecto se realizaron ensayos para determinar las características térmicas de distintos elementos constructivos y los paquetes que estos conforman. En una primera etapa, se ensayaron distintos materiales con la utilización el equipo de flujo continuo (medidor de flujo de calor modelo HFM 446 Lambda Médium de la firma Netzsch) y se obtuvieron los coeficientes de transmitancia térmica (λ); estos fueron comparados con los estipulados por la norma IRAM 11601:2002 y los definidos en el software de Etiquetado, obteniendo como resultado discrepancias del orden de 35%. En una segunda etapa, se definieron distintos paquetes constructivos con el objeto del estudio higratérmico según norma IRAM 11603:1996; se calculó la temperatura superficial de los mismo y se comparó con los valores obtenidos mediante el uso de la cámara termográfica Testo 872, obteniendo nuevas discrepancias del orden de 23% (IRAM 11601, 2002: 14-30), (IRAM 11603, 1996: 5-15), (De Nardo et al., 2022).

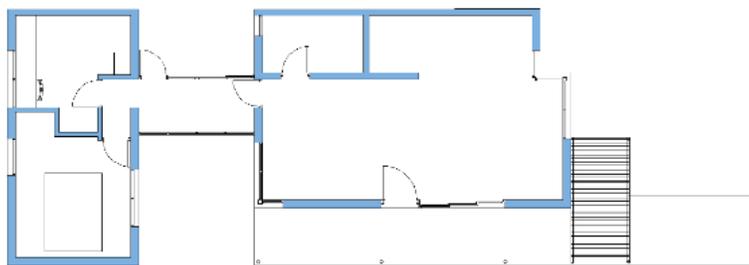
A partir de un modelo base, se tiene por objetivo evaluar la incidencia sobre el IPE al modificar la tipología de las envolventes, la posición geográfica, la optimización de equipos de refrigeración y calefacción de ambientes habitables y la inclusión de fuentes renovables de generación.

Metodología

Se propone, con el fin de caracterizar el consumo energético de una vivienda tipo de la ciudad de Santa Fe, la utilización de un modelo teórico que permita su implantación en un terreno existente. Se da, de esta forma, la posibilidad de realizar

variaciones tanto, en los paquetes constructivos, en la orientación del prototipo, en las aberturas, en los equipos de climatización y en los componentes arquitectónicos que tengan un impacto desde el punto de vista higrotérmico; con el fin de estudiar los objetivos planteados.

El prototipo de estudio corresponde al modelo de vivienda Metropolitana VII del plan PROCREAR II, lanzado por el ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat, lo cual se observa en la Figura 1. El terreno elegido se encuentra emplazado entre medianeras en la calle Tacuarí 5700, con orientación Noroeste, un área de 436 m² y un ancho de frente de 10 m (Figura 2). La vivienda cuenta con 60 m², conformada por una cocina-comedor integrada a un estar, un baño y dos dormitorios. Con la ayuda



de los planos, se trabajó sobre la planilla de relevamiento que brinda el programa nacional de etiquetado de vivienda.

Figura 1 – Planta arquitectura.

Figura 2 – Ubicación del terreno.

Una vez relevados los datos de la planilla, se cargaron en el software de etiquetado. Para realizar la carga se debió, en una primera instancia, diferenciar los distintos ambientes térmicos que conforman la vivienda a analizar; estos se clasifican como ambientes: climatizados, no climatizados y no habitables.



Figura 3 – Ambientes climatizados y no climatizados.

En la figura 3 se delimitan las zonas térmicas. Una vez definidas, se procedió a nombrar, con el fin de su identificación, cada muro, diferenciando interiores de exteriores, cada abertura, diferenciando entre vanos, puertas, ventanas o puertas ventanas; así como cada solado y cubierta. A su vez, debieron identificarse y nombrarse todos aquellos aleros, pérgolas o cualquier objeto que de sombra a el edificio analizado. A cada una de estas envolventes se le dio el espesor, orientación y paquete constructivo que se referencia en la tabla de relevamiento. Luego, se definieron teóricamente los artefactos a utilizar tanto en refrigeración y calefacción como en la producción de agua caliente.

Para ello se trabajó con el criterio adoptado a lo largo de todo el trabajo, el cual consiste en seleccionar aquellos artefactos más representativos de la zona, es decir aquellos que resulten más comunes, a modo de abarcar la mayor cantidad de casos

posibles. Como resultado, se obtuvo la etiqueta de eficiencia energética, la cual expone no solamente un índice de ponderación energética, sino que diferencia el consumo energético primario requerido por la vivienda en cada ambiente, y a su vez, según cada sector energético estudiado. Para el fin de este trabajo resulta sumamente importante la energía primaria requerida para calefaccionar/refrigerar la vivienda debido a las envolventes.

Como se mencionó anteriormente, se evaluó la sensibilidad del software de etiquetado respecto a modificaciones tanto en las envolventes, como en la utilización de energías renovables, en la arquitectura y en los equipos de acondicionamiento térmico. De esta forma, se observó el cambio en la etiqueta de la vivienda asociado a dichas variaciones. A continuación, se describen los distintos modelos que se definieron:

Modelo	Tipo de muro	Espesor [m]	Sistema de refrigeración	Sistema de calefacción	Energía renovable	Cambios arquitectónicos
LCM 01	Ladrillo cerámico	0,200	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	No	No
LCM 02	Ladrillo cerámico	0,200	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	PFV	No
LCM 03	Ladrillo cerámico	0,200	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	PFV Y TTS	No
HCCA 01	Bloques de hormigón celular	0,225	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	No	No
HCCA 02	Bloques de hormigón celular	0,225	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	PFV	No
HCCA 03	Bloques de hormigón celular	0,225	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	PFV Y TTS	No
MD 01	Muro doble ladrillo cerámico con cámara de aire	0,290	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	No	No
MD 02	Muro doble ladrillo cerámico con cámara de aire	0,290	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	No	Se espeja la planta
MD 03	Muro doble ladrillo HCCA con 5 cm de lana de vidrio y placas de yeso	0,260	Split 2236 frigorías	Calefactor a gas 2000 kcal	No	Se espeja la planta
MD 04	Muro doble ladrillo HCCA con 5 cm de lana de vidrio y placas de yeso	0,260	Split frio/calor 2236 frigorías		No	Se espeja la planta

Tabla 1 – Resumen de modelos utilizados.

Por otra parte, se evaluó el coeficiente de intercambio térmico de las envolventes en función del espesor de muro y de los materiales que lo conforman, logrando evaluar la influencia de la resistencia térmica sobre el valor final del IPE. Para el análisis, se utilizaron los datos de la zona climatizada 1 ya que es la que posee una mayor área cubierta y el estudio se extendió para los 3 tipos de envolventes más empleados en la construcción tradicional: ladrillos cerámicos macizos (15, 20 y 30 centímetros de espesor), ladrillos cerámicos huecos (15 y 20 centímetros) y bloques de hormigón celular curado en autoclave (12, 15, 20, 25 y 30 centímetros). Las variaciones mencionadas se realizaron sobre el modelo MD04 ya que presenta las mejores prestaciones energéticas (Tabla 2).

Resultados y discusión

En la Tabla 2, se plasman las distintas clases de etiqueta en correspondencia al modelo de estudio y sus intervenciones, presentando los distintos consumos de energía en calefacción, agua caliente sanitaria (ACS), refrigeración e iluminación.

Para los casos de estudio con muro simple de LCM y HCCA, los consumos de calefacción y refrigeración no registran variaciones, por lo que el cambio en la etiqueta es principalmente al aporte de las energías renovables ya que su incorporación tiene un impacto directo en la energía primaria que se consume, debido a que la misma se genera directamente en la vivienda y no tiene que ser proveída por el sistema energético estatal (Puig, S. et al. 2021: 115-123). En el caso del modelo MD 01, se observa una mejora respecto a las ganancias y pérdidas de calor es poco significativa, manteniéndose en la categoría G pese a tener un mejor tratamiento térmico y el doble de insumos.

A partir del prototipo MD 03 en adelante, se registra una mejora en cuanto a la reducción del consumo de calefacción por la estrategia de espejar la vivienda y mejorar la orientación en general hacia el este y el norte, minimizando las ganancias solares en verano y aprovechando el aporte solar en invierno (Guerra Menjívar 2013: 123-133). Además, se advierte menor consumo invernal con la incorporación del equipo de calefacción con vector de energía eléctrica en reemplazo del equipo de calefacción de gas distribuido.

Casos de estudio	Consumos energéticos [kW/m ² año]					IPE	Etiqueta
	Calefacción	ACS	Refrigeración	Iluminación	Energías renovables		
LCM 01	190	20	59	24	0	293	G
LCM 02	190	20	59	24	222	71	C
LCM 03	190	20	59	24	230	63	B
HCCA 01	133	20	59	24	0	236	F
HCCA 02	133	20	59	24	222	14	A
HCCA 03	133	20	59	24	236	0	A
MD 01	184	20	45	24	0	273	G
MD 02	104	20	42	24	0	190	E
MD 03	64	20	41	24	0	149	D
MD 04	33	20	41	24	0	118	D

Tabla 2 – Clasificación de modelos

En la Tabla 3, se distinguen los tipos de envoltente más empleados en la construcción tradicional, su espesor y su influencia respecto intercambio térmico y el IPE.

Tipo de muro	Espesor	R [m ² K/W]	Htr	IPE	Clasificación	% Mejora Htr	% Mejora IPE
Ladrillo cerámico macizo	15	0,81	197	360	G	-	-
	20	0,81	180	328	G	9%	9%
	30	0,81	151	278	G	23%	23%
Ladrillo cerámico Hueco	15	0,36	146	278	G	-	-
	20	0,41	124	242	F	15%	13%
	12	0,16	110	223	F	-	-
HCCA	15	0,16	104	213	F	5%	4%
	20	0,16	95	201	E	14%	10%
	25	0,16	89	195	E	19%	13%
	30	0,16	84	191	E	24%	14%

Tabla 3 – Coeficiente de intercambio térmico de envoltente.

Es posible afirmar que a mayor espesor se mejora el coeficiente de intercambio térmico (Htr) y la clasificación IPE. Sin embargo, la disminución de kW/m² año no es suficiente para alcanzar una categoría mayor en la escala.

Conclusiones

Observando los resultados obtenidos en esta etapa se concluye que:

- El etiquetado premia la utilización de fuentes de energías renovables para la sustentación de la vivienda, promoviendo así el uso de nuevas tecnologías “limpias” por sobre un diseño basado en la eficiencia energética.
- Una adecuada concepción arquitectónica del modelo conlleva a una mejor clasificación en la etiqueta.
- El software de etiquetado promueve el reemplazo de los equipos que utilicen energías primarias de manera ineficiente por aquellos equipos que posean mayor rendimiento y sean más eficientes energéticamente. Esto se traduce en ahorro de dinero y sustentabilidad ambiental.
- El coeficiente de intercambio térmico de envolvente no presenta una mejora proporcional en cada nivel de la clasificación del IPE.

Referencias bibliográficas

- Consejo Municipal de Rosario (2011) “Ordenanza Municipal de la ciudad de Rosario N° 8757/11”. Santa Fe, Argentina.
- De Nardo, M.V., Fassi, I.F., Vetcher, P., Martínez, F. (2022) “Normativa de aislamiento térmico, la validez de parámetros utilizados”, Actas de la ° Jornada Jóvenes Investigadores Tecnológicos, Reconquista, Argentina, 3 y 4 de noviembre.
- Guerra Menjívar, M.R. (2013) “Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones”. *Ing-novación*, 3, 123-133.
- IRAM 11601 (2002) “Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario”. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM 11605 (1996) “Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos”. Buenos Aires, Argentina.
- Omrany H., Marsono A.K. (2016) “Optimization of Building Energy Performance through Passive Design Strategies”. *British Journal of Applied Science & Technology*, 13(6), 1-16.
- Poder Legislativo de la Provincia de Santa Fe (2019) “Ley Provincial N°13903 de etiquetado energético de viviendas”. Santa Fe, Argentina.
- Puig, S.E., Alberni, R.S., Eggel, A. (2021) “Viviendas sociales de la Ciudad de Santa Fe. Cómo mejorar su Etiqueta de Eficiencia Energética. Caso de estudio: Vivienda Universal”. *Arquitecto*, 18, 115-123.
- Sulaiman, H., Sánchez Amono, M.P., Martínez, L.O. (2019) “Evaluación térmico-energética de un prototipo de vivienda sustentable con materiales reciclados”, Actas del 3° Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles, Santa Fe y Paraná, Argentina, 22 al 25 de mayo.