

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN SAN JUAN, ARGENTINA: ESCALA PROPUESTA

ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT OF HOUSING IN SAN JUAN, ARGENTINA: PROPOSED SCALE

YESICA ALAMINO-NARANJO

ORCID: 0000-0002-2325-2206

Universidad Nacional de San Juan, Argentina

alaminoyesica@gmail.com

Cómo citar:

ALAMINO-NARANJO, Y. (2024). Evaluación del desempeño energético de viviendas en San Juan, Argentina: escala propuesta. *Revista de Arquitectura*, 29(47), 135-152. <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2024.75862>

Recibido:

2024-07-11

Aceptado:

2024-11-15

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es dar un primer paso hacia la creación de una escala del índice de prestaciones energéticas de viviendas en la ciudad de San Juan, Argentina. Para ello, se relevan las características georreferenciales y técnico-constructivas de cuatro viviendas piloto. Luego, se calcula el índice de prestaciones energéticas promedio utilizando el software en línea AIN. Este valor se clasifica de acuerdo con los criterios de la Secretaría de Energía, para ubicarse en el centro de la categoría E dentro de una escala de eficiencia energética que abarca siete niveles, de la letra A a la G. Las demás categorías se establecen mediante rangos de variabilidad porcentual. Los resultados muestran que el índice óptimo de prestaciones energéticas para esta región es de 60 kWh/m²-año, mientras que las categorías menos eficientes, como E, F y G, se sitúan en 255 kWh/m²-año, 345 kWh/m²-año y 435 kWh/m²-año, respectivamente.

PALABRAS CLAVE

Argentina, etiquetado energético, índice-IPE, San Juan

ABSTRACT

The objective of this work is to take a first step towards creating an Energy Performance Index scale for residential buildings in the City of San Juan, Argentina. To achieve this, the georeferential and technical-constructive characteristics of four pilot homes are surveyed. Then, the average energy performance index is calculated using the online software AIN. This value is categorized according to the criteria set by the Secretariat of Energy, positioning it in the middle of category E within an energy efficiency scale that encompasses seven levels, from A to G. The other categories are established through ranges of percentage variability. The results indicate that the optimal energy performance index for this region is 60 kWh/m²-year, while the less efficient categories, such as E, F, and G, are situated at 255 kWh/m²-year, 345 kWh/m²-year, and 435 kWh/m²-year, respectively.

KEYWORDS

Argentina, energy labeling, IPE-Index, San Juan

INTRODUCCIÓN

El sector edilicio es uno de los mayores consumidores de energía a nivel global con cerca del 40 % de la demanda energética internacional (Daioglou et al., 2022). En Argentina, aunque la cifra es ligeramente inferior, sigue siendo significativa con un 37 % (Kuchen y Kozak, 2020). Este alto consumo subraya la necesidad de optimizar la eficiencia energética en los edificios, tanto para reducir el uso de energía como para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. En este escenario, el Estado Nacional argentino busca conocer el consumo energético de las viviendas, clasificándolas entre mejores y peores, en términos de eficiencia. En esta línea, el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV), llevado a cabo por la Secretaría de Energía del Estado argentino desde 2017, es la principal iniciativa para hacer frente a los altos números de consumo energético. No obstante, la implementación es lenta, y existen muchas provincias en el país que no cuentan con una escala específica para calificar el desempeño energético, una de ellas es la provincia de San Juan. Esto impide una aplicación efectiva del PRONEV en la región.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una escala energética local para la región de San Juan, Argentina, de clima templado-cálido. Para ello se hace uso del Aplicativo Informático Nacional (AIN) para calcular el índice de prestación energética (IPE) de viviendas piloto. Este análisis permitirá identificar rangos de eficiencia energética, lo que favorece avanzar en la aplicación del etiquetado en la provincia, contribuyendo a la sostenibilidad y gestión de la energía.

MARCO TEÓRICO

La etiqueta energética como herramienta que permite clasificar la eficiencia de electrodomésticos y vivienda es un elemento clave que busca la optimización del consumo y la baja en las emisiones de CO₂.

Son muchos los Estados que ya implementaron los sistemas de etiquetado de edificios y viviendas en sus políticas energéticas. Algunos de ellos son más estrictos y lo consideran como una instancia obligatoria, lo que genera avances más significativos en materia de eficiencia energética del sector residencial (Castellani et al., 2024). En Argentina, sin embargo, el sistema de etiquetado aún es voluntario, con la excepción de la provincia de Santa Fe, lo que ha limitado su adopción generalizada en todo el país.

Antecedentes del etiquetado energético y desafíos de implementación

El PRONEV, lanzado en 2017 por la Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético (SubSE), constituye un avance importante en la gestión de la eficiencia energética residencial en Argentina. Su objetivo consiste en llevar adelante un procedimiento de etiquetado energético en todo el país, que califica a las viviendas por categoría de letras, según el consumo de energía primaria asociado a sistemas de calefacción, sistemas de refrigeración, producción de agua caliente e iluminación. Todos estos consumos valorados en kWh por metro cuadrado al año. Dicho programa se basa en normas de referencia IRAM 11604, 11605 y 11900 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM], 2012a, 2012b, 2017).

Las etiquetas energéticas de vivienda que se aplican en diferentes países latinos presentan un objetivo en común: comunicar a los usuarios la eficiencia energética de las viviendas, promoviendo la selección de unidades habitacionales más sostenibles (Castellani et al., 2024; De Oliveira et al., 2022). La aplicación de estas etiquetas en el resto del mundo presenta diferencias y similitudes de acuerdo con cada característica climática y normativa local. En América Latina, países como Argentina, Chile y Brasil han adoptado diferentes enfoques para evaluar el desempeño energético de las viviendas. Argentina y Chile se basan en el indicador de kWh/m²/año, Brasil emplea varios indicadores adicionales para reflejar las particularidades climáticas del país, como los grados hora de refrescamiento natural. Por su parte, España, además de medir el consumo de energía, también considera las emisiones de CO₂ (kgCO₂/m²/año), lo que añade una dimensión ambiental significativa a la evaluación (Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario [FCEIA], 2020). Sin embargo, a diferencia del sistema español, que mantiene una misma demanda de eficiencia para cada letra de la escala independientemente del lugar,

en Argentina los estándares de certificación se adaptan a la región climática específica. Este enfoque reconoce la diversidad climática del país y busca reflejar de manera precisa el consumo y las necesidades energéticas de cada zona. Las normativas IRAM, en las cuales se basa el AIN para calcular el IPE, utilizan la unidad de grados-día para definir las zonas climáticas y ajustar los umbrales de eficiencia en función de las demandas de calefacción y refrigeración de cada región. Así, cada zona climática tiene su propia escala de letras, lo que permite que el sistema de etiquetado refleje adecuadamente las necesidades energéticas según el contexto local. En climas templado-cálidos, como el de San Juan, las demandas energéticas de una vivienda difieren notablemente de las de regiones frías del sur o húmedas del norte argentino, y el uso de grados-día asegura que la evaluación energética esté alineada con estas variaciones.

En cuanto al sistema de clasificación, tanto Argentina como Chile y España utilizan una escala de siete letras (de la 'A' a la 'G'), en la cual la letra 'A' representa el mayor nivel de eficiencia energética, mientras que Brasil emplea una escala más acotada, de la 'A' a la 'E'.

En Argentina, la metodología para calcular el IPE de una vivienda se realiza a través de un AIN, desarrollado por la SubSE y basado en las normativas nacionales IRAM 11900, 11605 y 11604 (IRAM, 2012a, 2012b, 2017). Esta herramienta permite estandarizar y precisar los cálculos de eficiencia energética en distintas regiones climáticas del territorio argentino (Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético [SubSE], 2024).

Respecto de la implementación de la etiqueta, existen diversos desafíos en términos de adopción y cobertura. Mientras que en países como España el sistema es obligatorio y ha logrado avances significativos en la reducción del consumo energético en viviendas, en Argentina sigue siendo voluntario, con la excepción de ciertas provincias como Santa Fe. En regiones como San Juan, caracterizadas por un clima templado-cálido (IRAM 11.603) (IRAM, 2012c), aun no existe una escala adaptada a las particularidades climáticas locales, lo que ha retrasado su adopción.

No obstante, la provincia de San Juan ha dado pasos recientes hacia la adopción del etiquetado energético. En septiembre de 2023, el gobierno provincial firmó un convenio con la Secretaría de Energía para capacitar a profesionales en el cálculo del IPE, sin embargo, aún no se dispone de una escala que permita la clasificación y evaluación.

Conocer las prestaciones energéticas del sector residencial en esta región es crucial no solo para calificar las viviendas según su eficiencia energética, sino también para caracterizar de manera cuantitativa y cualitativa los principales indicadores del desempeño

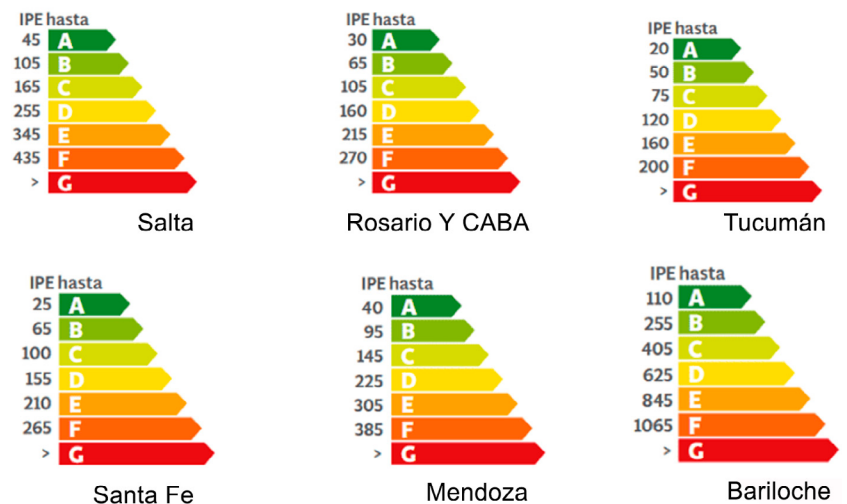
energético en el ámbito residencial (Gupta et al., 2023), además de permitir implementar políticas públicas más efectivas y diseñar estrategias de intervención que promuevan la eficiencia y la reducción del consumo de energía en los hogares (He et al., 2022).

La realización de pruebas piloto en otras provincias argentinas ha permitido validar los sistemas de etiquetado en diversas ciudades del país, como Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario, Tucumán, Santa Fe, Mendoza y Bariloche (Figura 1), generando una mejor comprensión de las dinámicas energéticas en el sector residencial (Cooperación de Eficiencia Energética entre Argentina y la Unión Europea [CEEAE], 2019; Fernández et al., 2022; Kuchen y Kozak, 2020; Puig et al., 2021). Estas experiencias han sido fundamentales para adaptar los sistemas de evaluación y clasificación a las distintas regiones climáticas de Argentina, promoviendo una mayor sostenibilidad y concientización en el uso de la energía.

En este marco, el presente proyecto busca desarrollar una etiqueta energética local mediante la evaluación de pruebas piloto realizadas en la zona, utilizando la misma metodología empleada por el SubSE mediante la aplicación del PRONEV.

La creación de una escala propia no solo agiliza la implementación del programa en San Juan, sino que también permite avanzar en la implementación de políticas públicas que promuevan una mayor eficiencia energética y desarrollo sostenible en el sector residencial de San Juan, además podría servir como base para aplicarse en otras regiones con características climáticas similares, especialmente aquellas de clima templado-cálido.

FIGURA 1
Etiqueta obtenida a partir de las pruebas piloto en Argentina



Fuente. Aplicativo Informático Nacional-AIN.

METODOLOGÍA

El proceso metodológico se organiza en tres etapas. En la primera se realiza una postulación en línea a través de una ficha de registro, utilizada para participar en la prueba piloto. Esta ficha es distribuida mediante canales electrónicos, como grupos de WhatsApp, a profesionales de la construcción interesados en proponer viviendas para ser certificadas. El objetivo es garantizar la representatividad de las tipologías habitacionales utilizadas por la SubSE para otras ciudades argentinas (FCEIA, 2020). Las tipologías seleccionadas incluyen una vivienda adosada de dos plantas, una vivienda aislada de dos plantas, una vivienda aislada de una planta y una vivienda adosada de una planta. Estas tipologías no solo responden a la clasificación utilizada por SubSE, sino también a los materiales y sistemas constructivos que emplean, representando la construcción tradicional de la región (ver Tabla 1). Posterior a la selección, se procede a una observación directa de los casos de estudio, donde se realiza un relevamiento de las características constructivas y de instalaciones.

Este relevamiento incluye la inspección de los materiales y soluciones constructivas, las dimensiones y orientaciones de las viviendas, la distribución y tipo de ventilaciones, así como la iluminación artificial y la incidencia de la iluminación natural. Además, se analizan las características técnicas de los sistemas de calefacción, refrigeración y calentamiento de agua, incluyendo la integración de energías renovables en los casos en que estén implementadas.

En la segunda etapa, los datos obtenidos en el relevamiento se ingresan en el AIN. Este software en línea considera valores de datos climáticos de cada región del territorio argentino, como así también valores de referencia para garantizar el confort en espacios interiores basados en la normativa Nacional IRAM, incluyendo una temperatura interior media de 20 °C en invierno y 25 °C en verano, un rango de 0,5 a 1 volumen de aire por hora (Vol./h) para asegurar una adecuada ventilación y calidad del aire, y una ganancia interna de 100 W por persona para estimar el calor generado en espacios habitables. Además, el software contempla la unidad de grados-día para definir las zonas climáticas (IRAM 11605, 11604) (IRAM, 2012a, 2012b).

Al ingresar estos datos en el AIN, se calcula el índice de prestaciones energéticas (IPE) de las viviendas y su clasificación en una escala de eficiencia energética, estimando así el valor de energía primaria necesario para mantener condiciones de confort interior (IPE).

A partir de este análisis, el AIN asigna una etiqueta energética que clasifica la vivienda en una escala de eficiencia que va desde la categoría 'A' (muy eficiente) hasta la 'G' (menos eficiente). No obstante, esta escala aún no está disponible para regiones de clima

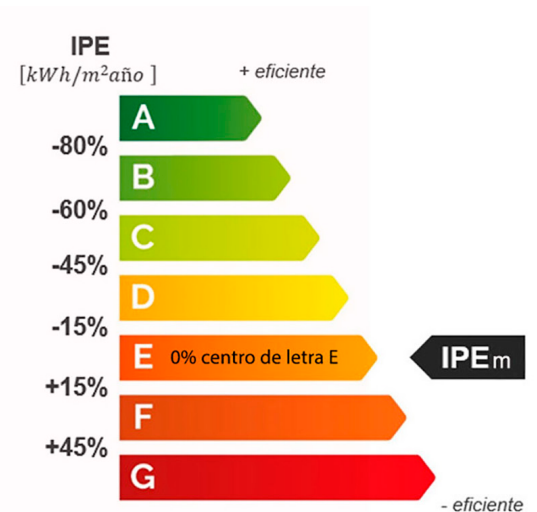
templado-cálido como San Juan, debido a la falta de cálculos basados en pruebas piloto locales que adapten los valores a las condiciones climáticas específicas de la región. Por este motivo, el software solo puede calcular en esta región, el IPE de cada vivienda analizada, sin poder clasificarlo en una escala. Esta limitación resalta la necesidad de desarrollar la tercera etapa metodológica, en la cual se construye una escala de eficiencia energética adaptada a las condiciones de San Juan, utilizando como referencia los criterios previamente establecidos por la SubSE.

En esta tercera etapa, una vez conocido el IPE de cada prueba piloto, se calcula el índice de prestación energética promedio (IPEM). Este valor se sitúa dentro de una escala de eficiencia que abarca siete categorías, desde la letra 'A' (viviendas más eficientes) hasta la 'G' (viviendas menos eficientes). El centro de la categoría 'E' se define como el valor medio, representando el IPEM. A partir de esta referencia, las demás categorías se determinan según la variabilidad porcentual sobre el IPEM de la siguiente manera:

- A: Viviendas cuyo consumo energético es hasta un 80 % menor que el IPEM.
- B: Consumo entre un 60 % y un 80 % menor.
- C: Entre un 45 % y un 60 % menor.
- D: Hasta un 15 % menor.
- E: Igual al valor promedio del IPEM.
- F: Consumo energético un 15 % mayor que el IPEM.
- G: Consumo más de un 45 % mayor que el IPEM.

La Figura 2 ilustra la aplicación de esta metodología en el diseño de la etiqueta.

FIGURA 2
Criterio de la Subsecretaría de Energía para la construcción de la escala de una etiqueta para la prueba piloto. [IPEM] = kWh/m²año



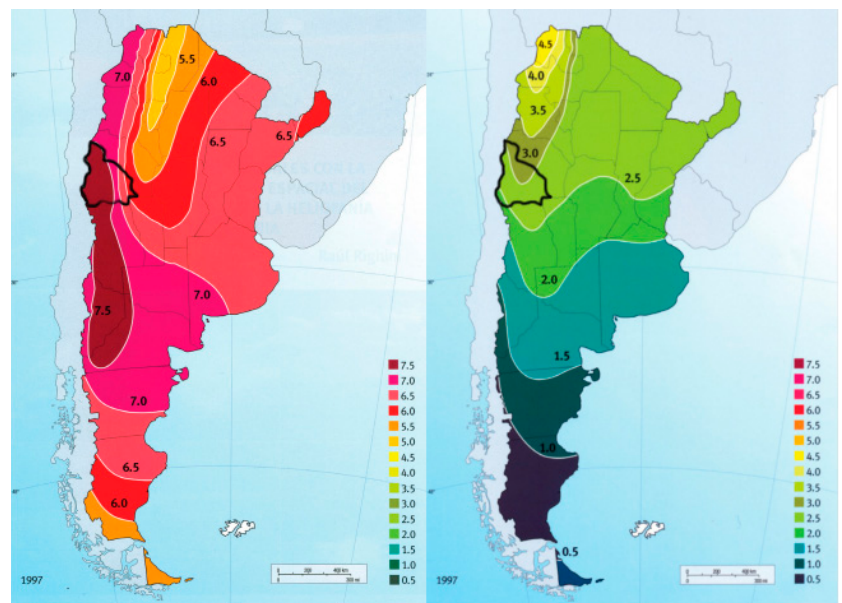
Fuente. FCEIA, 2020, s.p

Caracterización climática

Ubicada a 630 metros sobre el nivel del mar y en las coordenadas 31,6° Sur y 68,5° Oeste, la ciudad de San Juan, Argentina, se encuentra en una de las zonas sísmicas más activas del país. Respecto del clima local, este se caracteriza por ser templado-cálido según la normativa IRAM 11.603 (IRAM, 2012c) y árido desértico (Bwk) de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (Beck et al., 2023). La temperatura media anual varía entre 16 °C y 17 °C, y la región presenta una notable variabilidad térmica tanto diaria como estacional. En verano, las temperaturas máximas pueden exceder los 40 °C, mientras que en invierno las mínimas suelen bajar de 0 °C, especialmente durante julio y agosto, los meses más fríos. El régimen pluviométrico de San Juan es continental, con bajas precipitaciones anuales que se concentran en su mayoría durante el verano, oscilando entre 80 y 150 mm anuales, con mayor cantidad en las zonas montañosas (IRAM 11.603) (IRAM, 2012c). Estas cifras bajas de precipitación refuerzan la clasificación de la región como semiárida. Además, presenta una alta irradiación solar, con promedios que alcanzan los 7,33 kWh/m² entre octubre y marzo y 3,95 kWh/m² entre abril y septiembre (Coria y Samper, 2022), posicionándola como un sitio óptimo para la generación de energía solar fotovoltaica (Figura 3).

Respecto de las corrientes de aire, esta región experimenta vientos moderados predominantes del sudeste y además del viento Zonda, un viento seco y cálido del oeste, conocido por sus ráfagas intensas y considerado un 'evento severo'. Este fenómeno es particularmente frecuente durante agosto y septiembre (Puliafito et al., 2015).

FIGURA 3
Radiación solar de la República Argentina meses enero (izquierda) y junio (derecha). Se demarca en línea color negro la provincia de San Juan



Fuente. Ministerio de Economía de la Nación, 2021, s.p.

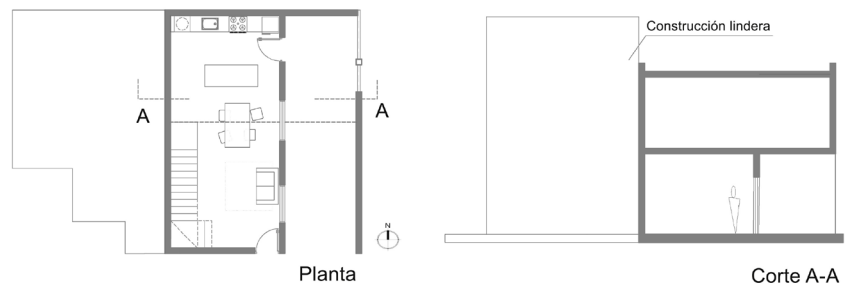
Caracterización de pruebas piloto

La selección de las viviendas en este estudio se basa en diversos factores para asegurar su representatividad. Primero, las tipologías elegidas se ajustan a la clasificación definida por la Subsecretaría de Energía (FCEIA, 2020), lo que garantiza que las viviendas evaluadas cumplan con los lineamientos del PRONEV. Aunque no se dispone de una estimación exacta sobre el porcentaje de viviendas que corresponden a cada tipología en la provincia, los casos seleccionados reflejan la diversidad del parque habitacional de San Juan, especialmente aquellas construidas en los últimos años, en el marco del crecimiento urbano de la región. Además, se consideró el cumplimiento obligatorio de las normativas sismo resistentes Nacionales (Reglamento Argentino para Construcciones Sismo resistentes [RACS], 2005, 2018), dado que San Juan se encuentra en una de las zonas sísmicas más activas del país. En este contexto, las tipologías seleccionadas son: vivienda adosada de dos pisos (V1) (Figura 4), vivienda adosada de un piso (V2) (Figura 5), vivienda aislada de dos pisos (V3) (Figura 6) y vivienda aislada de un piso (V4) (Figura 7).

Estas tipologías son representativas de las prácticas constructivas predominantes en la provincia, como el uso de sistemas de mampostería portante de ladrillo cerámico hueco o macizo (SC-MP) y sistemas mixtos de mampostería portante y pórtico de hormigón (SC-Mx). En cuanto a la cubierta de techo, se destacan los sistemas de losa maciza (LM), losa pretensada con ladrillo cerámico hueco (LPH) y losa pretensada de ladrillo de poliestireno expandido (LPP).

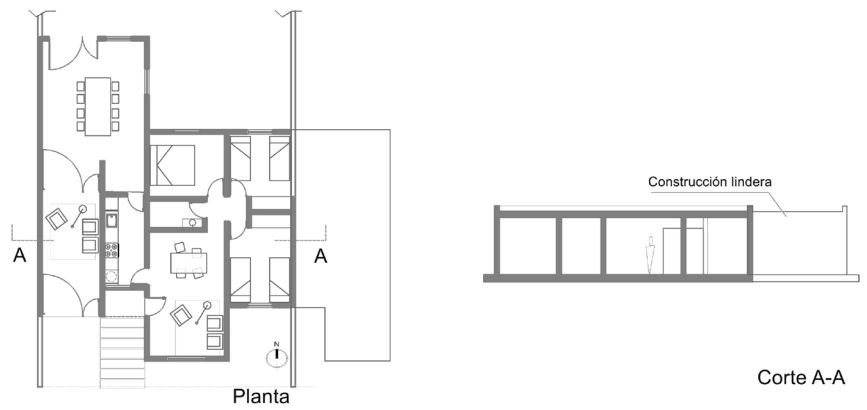
La elección de estos casos, ajustada a las normativas sismo resistentes, asegura que las viviendas seleccionadas no solo sean representativas de las prácticas constructivas típicas de San Juan, sino que estén también conformes a las directrices que garantizan la seguridad estructural frente a sismos. Este criterio de representatividad permite validar los resultados del análisis y extrapolar las conclusiones a un amplio espectro de viviendas en la ciudad.

FIGURA 4
Planos. Planta baja y corte transversal de prototipo V1 (vivienda adosada de dos pisos)



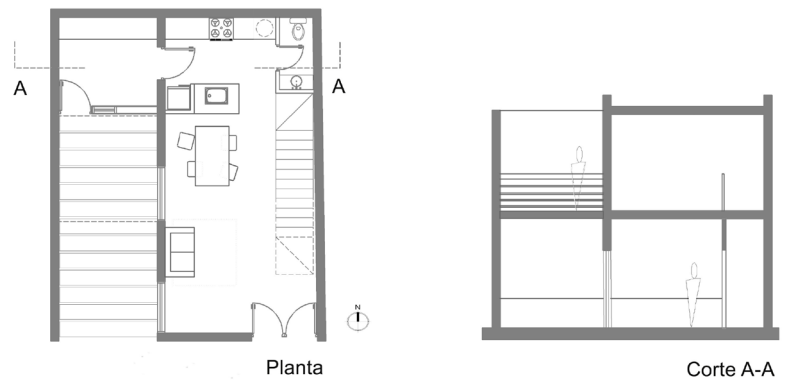
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 5
Planos. Planta y corte transversal de prototipo V2 (vivienda adosada de un piso)



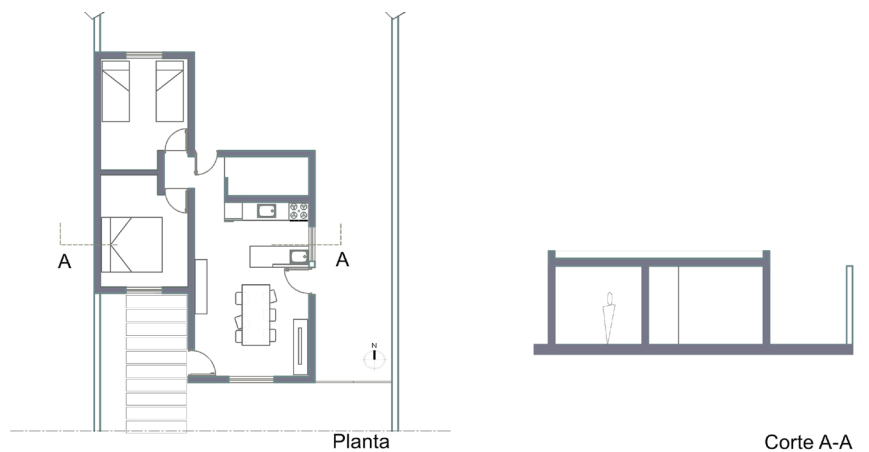
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 6
Planos. Planta baja y corte transversal de prototipo V3 (vivienda aislada de dos pisos)



Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 7
Planos. Planta baja y corte transversal de prototipo V4 (vivienda aislada de un piso)



Fuente. Elaboración propia.

Respecto de las características de cada caso, la primera vivienda, V1 (Figura 4), corresponde a una unidad adosada de dos plantas construida de forma privada, posee una superficie de 69 m^2 , un volumen de 186 m^3 , y una altura de 2,60 metros interiores en cada piso. Su transmitancia media se desglosa en $2,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ para los muros, $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ para la cubierta, y $4,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ para las aberturas. Esta vivienda no presenta protección solar (PS) y está orientada de norte a sur (N-S). La potencia instalada para calefacción es de 5,75 KW, para refrigeración 13 KW, para iluminación 143 W y para agua caliente sanitaria (ACS) 2 KW. Cabe destacar el uso de bloques de polietileno en la cubierta de 12 cm de espesor y la ventilación de tipo intermedia.

La segunda vivienda, V2 (Figura 5), es una unidad adosada de una planta, con una superficie de 128 m^2 , un volumen de 247 m^3 y una altura de 2,60 metros. La transmitancia media se desglosa en $1,79 \text{ W/m}^2\text{K}$ para los muros, $1,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ para la cubierta y $2,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ para las aberturas. Esta vivienda cuenta con protección solar de madera en las aberturas y está orientada de norte a sur (N-S). La potencia instalada para calefacción es de 6,98 KW, para refrigeración 5,2 KW, para iluminación 144 W y para ACS 5,82 KW. La vivienda emplea cubiertas de ladrillo cerámico hueco de 12 cm de espesor y ventilación cruzada.

La tercera vivienda, V3 (Figura 6), es una unidad aislada de dos plantas con una superficie de 71 m^2 , un volumen de 187 m^3 y una altura de 2,60 metros por cada piso. La transmitancia media es de $2,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ para los muros, $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ para la cubierta y $4,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ para las aberturas. Esta vivienda no cuenta con protección solar y está orientada de norte a sur (N-S). La potencia instalada para calefacción es de 9,20 KW, para refrigeración 12,60 KW, para iluminación 161 W y para ACS 2 KW. Se destaca el uso de bloques de polietileno en la cubierta de 12 cm de espesor, similar a la vivienda V1, con ventilación de tipo intermedia.

La cuarta vivienda, V4 (Figura 7), es una unidad aislada de una planta con una superficie de 80 m^2 , un volumen de 126 m^3 y una altura de 2,60 metros. La transmitancia media se desglosa en $2,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ para los muros, $2,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ para la cubierta y $2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ para las aberturas. Esta vivienda presenta protección solar metálica en las aberturas y está orientada de este a oeste (E-O). La potencia instalada para calefacción es de 6,98 KW, para refrigeración 5,2 KW, para iluminación 108 W y para ACS 2 KW. Las cubiertas están construidas con hormigón armado de 10 cm de espesor y cuenta con ventilación cruzada.

La Tabla 1 presenta un resumen de las características principales de cada vivienda analizada, mientras que la Tabla 2 detalla las caracterizaciones ambientales relevantes de las mismas.

TABLA 1
Caracterizaciones
relevantes de cada vivienda
analizada

Nota. SC-MP: * sistemas constructivos de mampostería portante de ladrillo cerámico hueco o macizo; SC-Mx: sistemas constructivos mixto de mampostería portante y pórtico de hormigón; LM: losa maciza; LPH: losa pretensada con ladrillo cerámico hueco; LPP: losa pretensada de ladrillo de poliestireno expandido; Tm: transmitancia media [W/m²K].

Fuente. Elaboración propia.

Caso	Sup.	SC*	Cubierta	Tm* Muro	Tm* Cubierta	Tm* Aberturas	Construcción
V1	69 m ²	SC-Mx*	LPP*	2,37	0,33	4,54	Privada
V2	128 m ²	SC-MP*	LPH*	1,79	1,78	2,43	Estado
V3	71 m ²	SC-Mx*	LPP*	2,37	0,33	4,45	Privada
V4	80 m ²	SC-MP*	LM*	2,43	2,52	2,80	Estado

TABLA 2
Caracterizaciones
ambientales relevantes de
cada vivienda analizada

Fuente. Elaboración propia.

Caso	Orientación	Protección solar	Vegetación lindante	Ventilación cruzada
V1	Norte-sur	No	Sí	No
V2	Norte-sur	Sí	Sí	Sí
V3	Norte-sur	No	No	No
V4	Este-oeste	Sí	No	Sí

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para el IPE de las cuatro viviendas analizadas, según los datos generados mediante el software AIN. La Tabla 3 muestra los valores de requerimiento específico de energía primaria. Esta representa la cantidad de energía en su estado natural antes de ser transformada o convertida para su uso final.

Para el cálculo del IPE se consideran los consumos de la vivienda referidos a sistemas de calefacción, sistemas de refrigeración, producción de agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación.

De los resultados obtenidos, se expone que la vivienda de mayor incidencia en consumo energético corresponde a la V1, la cual presenta un valor de IPE igual a 378 kWh/ m²año. A continuación se posiciona la V2 con 297 kWh/m²año. La V3 le sigue en tercer lugar con un valor de IPE igual a 287 kWh/m²año. Finalmente, la vivienda V4 registró un menor consumo energético, con un valor de 239 kWh/m²año.

Se destaca que ninguno de los casos analizados disponían de fuentes de energía renovable.

TABELA 3
 Requerimiento específico de
 energía primaria por tipo
 de consumo [kWh/ m²año]

Caso de estudio	Tipos de consumos	Requerimiento específico de energía primaria [kWh/ m ² año]
V1	Calefacción	272
	Refrigeración	46
	Producción de ACS	51
	Iluminación	9
	Requerimiento específico global de energía	378
	Contribución específica de energías renovables	0
	Índice de prestación energética - IPE	378
V2	Calefacción	227
	Refrigeración	40
	Producción de ACS	24
	Iluminación	6
	Requerimiento específico global de energía	297
	Contribución específica de energías renovables	0
	Índice de prestación energética - IPE	297
V3	Calefacción	186
	Refrigeración	41
	Producción de ACS	51
	Iluminación	9
	Requerimiento específico global de energía	287
	Contribución específica de energías renovables	0
	Índice de prestación energética - IPE	287
V4	Calefacción	157
	Refrigeración	37
	Producción de ACS	39
	Iluminación	6
	Requerimiento específico global de energía	239
	Contribución específica de energías renovables	0
	Índice de prestación energética - IPE	239

Fuente. Elaboración propia
 con AIN.

Aproximación a una escala del índice de prestaciones energéticas local

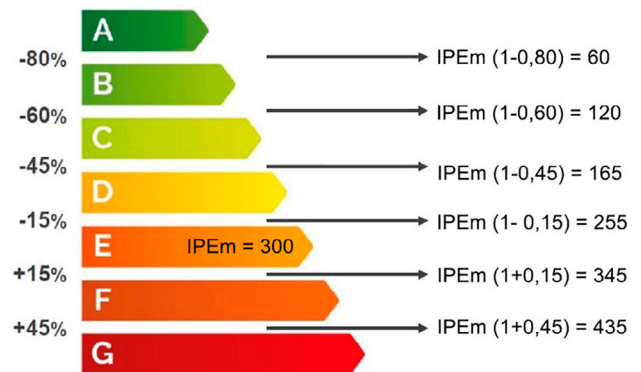
Una vez obtenidos los IPE de cada caso de estudio analizado, se calculó el promedio el que resultó en un IPEm de 300. A partir de este valor, se procedió a la construcción de la escala energética.

$$IPEm = \frac{IPE_1 + IPE_2 + \dots + IPE_n}{n}$$

$$IPEm = \frac{378 + 297 + 287 + 239}{4} = 300.25$$

El IPEm, establecido en 300 kWh/m²año, se sitúa en el centro de la escala, dentro de la categoría ‘E’. A partir de este valor, se han definido los límites de cada categoría en función de la variabilidad porcentual, generando un rango que va desde la letra ‘A’, que representa las viviendas más eficientes con un requerimiento energético de hasta 60 kWh/m²año, hasta la letra ‘G’, para aquellas con un requerimiento superior a 435 kWh/m²año (Figura 8).

FIGURA 8
Aproximación de escala local a partir de los resultados obtenido = kWh/m²año



Fuente. Elaboración propia.

Esta primera aproximación en la construcción de una etiqueta local sienta precedente para futuras investigaciones y mejoras en la eficiencia energética en la región. La variabilidad observada entre las viviendas analizadas, en particular la diferencia entre la vivienda V4 con el mejor rendimiento y la vivienda V1 con el mayor consumo energético, destaca la importancia de abordar el etiquetado energético desde una perspectiva individualizada. Esto indica que, a pesar de contar con un marco metodológico estandarizado, cada vivienda posee características particulares que influyen significativamente en su desempeño energético.

Si se compara brevemente las etiquetas energéticas en diferentes regiones de Argentina (Figura 1) se observa una adaptación de los umbrales de eficiencia energética a las condiciones climáticas locales. En las áreas metropolitanas (Rosario y CABA), los estándares son más estrictos, mientras que en las regiones del norte (Salta y Tucumán), los límites son más permisivos debido a la menor necesidad de calefacción. En zonas centrales, como Santa Fe y Mendoza, se observan valores intermedios que reflejan un equilibrio climático.

En el caso de San Juan, sus valores se encuentran en una posición intermedia entre las exigencias de las grandes ciudades y las regiones más cálidas del norte. Esto sugiere que existe margen para mejorar la eficiencia energética, principalmente a través de estrategias que respondan tanto a la reducción del consumo de energía para calefacción como a la optimización del confort térmico en verano.

CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye una primera instancia para la construcción de una escala energética en la provincia de San Juan, Argentina, en el marco del Programa Nacional de Etiquetado Energético de Viviendas.

En el estudio se analizó el desempeño energético de cuatro viviendas piloto mediante el uso del software Aplicativo Informático Nacional. Los resultados obtenidos fueron sometidos a una metodología de variabilidad porcentual, validada por la Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético. Esto, dio como resultado la creación de una escala local, con un índice de prestación energética medio (IPEm) de 300 kWh/m²año. Esta escala abarca desde la categoría 'A', con viviendas que consumen hasta 60 kWh/m²año, hasta la categoría 'G', que incluye aquellas con un requerimiento superior a 435 kWh/m²año.

Esta clasificación marca un punto de referencia para futuras evaluaciones energéticas en la región, además, permite comprender cómo las condiciones climáticas locales impactan la eficiencia energética del sector residencial y resalta la necesidad de adaptar los estándares de eficiencia a las particularidades de cada zona.

De la comparación entre etiquetas de otras regiones de Argentina se desprende la necesidad de que las escalas deben alinearse a las particularidades climáticas y arquitectónicas de cada región, más aún, considerando la variabilidad ambiental que presenta el territorio argentino. Esto insinúa que la precisión de las evaluaciones energética mejoraría con la creación de escalas específicas para cada zona en el país.

Los datos preliminares que se presentan en este trabajo sugieren que existe un considerable rango para mejorar en las viviendas de esta latitud. La variabilidad en los resultados de los IPE obtenidos en las pruebas piloto indican la posibilidad no solo de ampliar la muestra de casos estudiados, sino también explorar la integración de tecnologías renovables, elementos que no fueron considerados debido a su poca incidencia en la región.

El presente trabajo pretende ser el punto de inicio para la consolidación de la implementación del programa de etiquetado en la provincia de San Juan. Contar con una escala energética local que reconozca las condiciones geográficas y climáticas propias representa un avance en la búsqueda de mejoras en términos de sustentabilidad y eficiencia energética. Sin embargo, se hace necesario continuar el estudio ampliando el tamaño de la muestra analizada, en la búsqueda de obtener mayor precisión en los resultados.

FINANCIAMIENTO

El presente trabajo es el resultado del proyecto de investigación denominado “Evaluación energética residencial mediante la aplicación de la Etiqueta Energética de Vivienda. Casos de estudio”, el cual comienza en el año 2023, enmarcado en la línea de estudio en Arquitectura y vivienda del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA-UNSJ-CONICET) con financiamiento de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no tienen conflictos de interés que declarar.

DECLARACION DE AUTORIA

Yesica, Alamino-Naranjo: Conceptualización, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Redacción

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Red Iberoamericana de Pobreza Energética y Bienestar Ambiental (RIPEBA) por su valioso apoyo científico, el cual fue fundamental para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Beck, H. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Lutsko, N. J., Dufour, A., ... & Miralles, D. G. (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901-2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific data*, 10(1), 724. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02549-6>
- Castellani, F., Della Fornace, M., Falvo, M. C., Ferretti, A., & Santi, F. (2024). Labeling and assessment of energy and sustainability performances in the civil sector: The case study of ESA-ESRIN in Rome. *Journal of Cleaner Production*, 453, 142135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142135>
- Cooperación de Eficiencia Energética entre Argentina y la Unión Europea. (2019). *Energy Efficiency in Argentina*. https://eficienciaenergetica.net.ar/novedades_detalle.php?id=12
- Coria, G. E. y Samper, M. E. (2022). Evaluación de mecanismos de incentivo para la generación de energía solar distribuida en San Juan, Argentina. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 30(3), 551-563. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000300551>
- Daioglou, V., Mikropoulos, E., Gernaat, D., & van Vuuren, D. P. (2022). Efficiency improvement and technology choice for energy and emission reductions of the residential sector. *Energy*, 243, 122994. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122994>
- De Oliveira, J., Riveros, N., González, A., & Oxilia, V. (2022). Energy Efficiency Labels in the World and Latin America: A Survey. In 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON) (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/argencon55245.2022.9939751>
- Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. (2020). *Prueba piloto de etiquetado energético de viviendas – Ciudad Autónoma de Buenos Aires*. <https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2021/07/18/da8d37ea847ceb475e5afc735b82a42e25843c3f.pdf>
- Fernández, A., Elsinger, D. y Garzón, B. (2022). Potencialidad del etiquetado de viviendas para el análisis del ahorro energético: dos soluciones constructivas en un caso de estudio. *Avances. Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, 25, 327-334. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2428>
- Gupta, G., Mathur, S., Mathur, J., & Nayak, B. K. (2023). Comparison of energy-efficiency benchmarking methodologies for residential buildings. *Energy and Buildings*, 285, 112920. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112920>
- He, S., Blasch, J., van Beukering, P., & Wang, J. (2022). Energy labels and heuristic decision-making: The role of cognition and energy literacy. *Energy Economics*, 114, 106279. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106279>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012a). *Acondicionamiento térmico de edificios. Criterios de habitabilidad en edificios de vivienda. Requisitos de ventilación* (IRAM 11604). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/575>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012b). *Acondicionamiento térmico de edificios. Criterios de habitabilidad en edificios de vivienda. Requisitos de calefacción* (IRAM 11605). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/576>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012c). *Acondicionamiento térmico en Edificios: Clasificación Bioambiental de la República* (IRAM 11603). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/574>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2017). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética* (IRAM 11900). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/11234>

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. *Revista hábitat sustentable*, 10(1), 44-55. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.04>

Ministerio de Economía de Argentina. (2021). *Prueba Piloto 2021 Alto Valle – Costa Atlántica. Dirección de Energías Renovables.* https://eficienciaenergetica.net.ar/img_novedades/07231519_2021-07-22AV-CACierre.pdf

Puig, S. E., Alberini, R. S. y 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. <https://doi.org/10.30972/arq.0185675>

Puliafito, S. E., Allende, D. G., Mulena, C. G., Cremades, P., & Lakkis, S. G. (2015). Evaluation of the WRF model configuration for Zonda wind events in a complex terrain. *Atmospheric Research*, 166, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.06.011>

Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte I: Construcciones en general (CIRSOC 103). (2018). Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/INPRES-CIRSOC-103_Parte_I-Reglamento.pdf

Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte 2: Construcciones de hormigón armado (CIRSOC 103). (2005). Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/INPRES-CIRSOC-103_Parte_II-Reglamento.pdf

Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético. (2024). *Programa Nacional de etiquetado de viviendas.* <https://etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar/>