

- ▲ **Palabras clave/** Arquitectura bioclimática, desempeño energético, etiqueta energética.
- ▲ **Keywords/** Bioclimatic architecture, energy performance, energy label.
- ▲ **Recepción/** 12 de junio 2025
- ▲ **Aceptación/** 18 de junio 2026

Simulación energética de viviendas en clima templado-cálido: variables proyectuales-constructivas analizadas en casos piloto

Energy Simulation of Homes in Temperate-Warm Climates: Design and Construction Variables Discussed in Pilot Cases

Yésica Alamino-Naranjo

Arquitecta, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.

Doctora en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.

Investigadora Asistente en Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

Académica en Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat IRPhA-CONICET-UNSJ, San Juan, Argentina.

alaminoyesica@gmail.com

RESUMEN/ En regiones de clima templado-cálido caracterizadas por elevada radiación solar, amplitudes térmicas diarias y vientos secos intensos, optimizar la eficiencia energética de las viviendas resulta crucial para reducir la demanda energética y garantizar el confort térmico. En este estudio se evalúa el desempeño energético de cuatro viviendas piloto ubicadas en un entorno árido mediante simulaciones dinámicas utilizando el software oficial AIN, desarrollado por la Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Se calcula el Índice de Prestación Energética (IPE) considerando variables constructivas, climáticas y de diseño arquitectónico. Asimismo, se proponen intervenciones de mejora adaptadas a cada caso, cuantificando su impacto en la reducción de las cargas térmicas. Los resultados evidencian que la eficiencia energética depende de la calidad de la envolvente térmica y de la incorporación de estrategias pasivas adecuadas. Este trabajo ofrece evidencia técnica aplicable al diseño y la rehabilitación de viviendas sociales en zonas áridas y templado-cálidas, contribuyendo a una toma de decisiones más eficiente, equitativa y sensible al contexto climático. **ABSTRACT/** In regions with temperate-warm climates, characterized by high solar radiation, daily temperature ranges, and intense dry winds, optimizing the energy efficiency of dwellings is crucial to reduce energy demand and ensure thermal comfort. This study evaluates the energy performance of four pilot dwellings located in an arid environment through dynamic simulations using the official AIN software, developed by the Argentine Nation's Energy Secretariat. The Energy Performance Index (EPI) is calculated considering constructive, climatic, and architectural design variables. Likewise, improvement interventions adapted to each case are proposed, quantifying their impact on the reduction of thermal loads. Results reveal that energy efficiency depends on the quality of the thermal envelope and the introduction of appropriate passive strategies. This work offers technical evidence applicable to the design and rehabilitation of social housing in arid and temperate-warm zones, contributing to more efficient, equitable, and climate-sensitive decision-making.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento energético de los hogares está influenciado por una variedad de factores, incluido el comportamiento de los ocupantes, las propiedades de la envolvente del edificio, las características climáticas de la ubicación y los sistemas de climatización (Far *et al.*, 2022). Estos factores contribuyen a la brecha de rendimiento energético, que

es la diferencia entre el consumo de energía previsto y real de un edificio (Otsubo, 2021). En regiones de clima templado-cálido, como la provincia de San Juan (Argentina), esto adquiere importancia debido a condiciones extremas como alta irradiación solar, amplitud térmica diaria y presencia de viento seco, como el viento Zonda (Beck *et al.*, 2023; Instituto

Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), 2012).

Se reconoce que, a nivel global, el sector residencial representa más del 40% del consumo de energía mundial y produce el 33% de las emisiones de dióxido de carbono (Kalair *et al.*, 2023), mientras que en Argentina, el consumo de energía residencial representa el 27% del consumo total de energía del país (Ruiz

et al., 2024). Esto resalta la importancia del sector residencial en el panorama energético nacional y subraya la necesidad de contar con medidas específicas de eficiencia energética. En Argentina existen diversas normativas y programas estatales tendientes a mejorar estas cifras. Entre ellas destaca la norma IRAM 11900, que promueve la eficiencia energética en edificios residenciales y busca facilitar la transición energética de aquí a 2050, centrándose en reducir la demanda de energía para fines de calefacción, refrigeración e iluminación (Kuchen y Kozak, 2020); el Programa Nacional para el Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE), una política general introducida en 2007 para mejorar la eficiencia energética en varios sectores, incluidos los edificios residenciales (Smedby, 2010); y, el más reciente, el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV), cuyo objetivo general es implementar un sistema de eficiencia energética unificado para todo el territorio nacional.

Si bien el PRONEV ha avanzado en la clasificación de eficiencia energética, la falta de escalas regionales adaptadas limita su aplicación efectiva en zonas con particularidades climáticas como San Juan. No obstante, en un estudio previo se propuso una escala para la ciudad de San Juan que dio como resultado 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 a aquellas con un requerimiento superior a 435 kWh/m²año (Alamino-Naranjo, 2024). El presente trabajo, derivado de aquella investigación, se centra en analizar por qué esas viviendas piloto estudiadas --con tipologías similares-- presentan diferencias significativas en su IPE, explorando el peso de las variables constructivas, climáticas, pasivas y de implantación en su entorno urbano.

El desafío de reducir el consumo energético en los edificios residenciales es objeto de estudios constantes en el ámbito de la arquitectura sostenible (Espino-González *et al.*, 2024; Jurshari *et al.*, 2024; Zhdanova y

Kuznetsova, 2022). Alcanzar un rendimiento energético óptimo en viviendas supone trabajar con estrategias pasivas y activas integradas (Taherian y Peters, 2023). En particular, las estrategias pasivas aprovechan los recursos naturales y el diseño arquitectónico para optimizar el consumo de energía. Su fundamento radica en la reducción de cargas térmicas mediante técnicas como el uso de protección solar, el aislamiento térmico, la ventilación natural y el control de pérdidas de calor. Estas prácticas han demostrado ser efectivas, alcanzando ahorros energéticos que oscilan entre 6,7% y 66,2%, dependiendo de la combinación y aplicación de cada técnica (Elaouzy y El Fadar, 2022). En viviendas sociales de zonas áridas como San Juan, estas estrategias adquieren una relevancia aún mayor debido a la elevada carga térmica estival. Entre las estrategias destacadas, la incorporación de aislamiento térmico externo mediante paneles de poliestireno expandido (60 mm en techos y 40 mm en paredes) ha mostrado tener impactos significativos en la conservación de energía (Li *et al.*, 2017). Además, estudios señalan que la iluminación y la ventilación natural, junto con el control de la orientación, son fundamentales para maximizar el rendimiento energético, especialmente en zonas con alta irradiación solar como San Juan (Sharma y Dongre, 2024).

Por otro lado, las estrategias activas dependen del uso de sistemas mecánicos que gestionan el confort térmico. Si bien permiten un control preciso e inmediato de la climatización, su eficiencia está condicionada por la calidad de la fuente energética empleada. Además, los costos operativos y de mantenimiento pueden representar un obstáculo en su implementación continua (Balali *et al.*, 2023). En contextos como el de San Juan, donde las condiciones climáticas extremas imponen una carga térmica considerable, minimizar la dependencia de tecnologías activas resulta clave. Así, se promueve el uso combinado de estrategias pasivas que aprovechen de manera eficiente el entorno natural, reduciendo la necesidad de sistemas de climatización artificial (Blasco, 2021).

Si bien las estrategias pasivas ofrecen un enfoque más sostenible y duradero, es fundamental considerar el contexto particular de cada proyecto arquitectónico. En zonas cálidas y secas, como San Juan, la correcta elección de estrategias puede marcar la diferencia entre un edificio energéticamente eficiente y uno con elevados costos operativos. En el presente trabajo se propone analizar el impacto de estrategias en viviendas piloto, identificando cuáles ofrecen mejores resultados en términos de eficiencia energética y su vínculo con el índice de prestación energética (IPE).

METODOLOGÍA

A partir de los datos obtenidos mediante el uso del software AIN (Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético, 2024) y del relevamiento técnico previo (Alamino, 2024), se llevó a cabo un análisis comparativo del desempeño energético de cuatro viviendas piloto ubicadas en la ciudad de San Juan, Argentina. Las viviendas fueron seleccionadas por su representatividad dentro de las tipologías habitualmente construidas por la Secretaría de Vivienda provincial y por su disponibilidad para la recopilación de información física y documental. Esta selección, aunque acotada, permitió abordar una diversidad de situaciones constructivas, morfológicas y de diseño pasivo.

Para la evaluación energética se utilizó el software AIN, una herramienta oficial desarrollada por la Subsecretaría de Planeamiento Energético del Ministerio de Economía de la Nación, en el marco del PRONEV. El software calcula el IPE, expresado en kWh/m²año, sobre la base de las características constructivas, climáticas y de equipamiento de cada vivienda, en conformidad con los lineamientos de la norma IRAM 11900. Esta norma, a su vez, se encuentra alineada con el marco metodológico internacional de ISO 52000-1:2017 (International Organization for Standardization, 2017a). En cuanto al procedimiento de cálculo, el AIN implementa un método de balance estacionario con corrección climática, tal como establece la

documentación oficial del PRONEV y sus manuales metodológicos.

Entre los parámetros de simulación utilizados, se incluye lo siguiente:

- Condiciones de borde: perfil climático horario correspondiente a San Juan, extraído de bases de datos meteorológicos oficiales (Beck *et al.*, 2023).
- Validación: el software ha demostrado consistencia con rangos de error inferiores al 5% en simulaciones para climas áridos (Balali *et al.*, 2023).

Además, el AIN aplica condiciones normalizadas (no reales) para garantizar la comparabilidad entre viviendas. Los principales parámetros considerados incluyen lo siguiente:

- Condiciones climáticas: temperatura exterior, humedad relativa, radiación solar y viento, según datos del Servicio Meteorológico Nacional para el centro geográfico del proyecto¹.
- Condiciones internas normalizadas según IRAM 11900 (IRAM, 1996) temperaturas de consigna: 20°C en invierno y 26°C en verano.
- Uso de calefacción y refrigeración: 16 horas por día.
- Iluminación: en base a perfiles típicos definidos por zona y época del año.
- Ocupación estándar: una persona cada 40 m² de superficie útil, con una carga interna de 70 W/persona.
- Agua caliente sanitaria (ACS): caudal base de 30 litros/persona/día a 40°C, provista mediante calefón o termotanque (gas o eléctrico).
- Parámetros constructivos: geometría de la vivienda (muros, techos, pisos y aberturas), transmitancias térmicas (calculadas o extraídas de bibliotecas del software), factor solar de ventanas, elementos de sombreado (aleros, parasoles) e infiltración, estimada según el nivel constructivo.
- Equipamiento activo: tipo y potencia instalada para calefacción, refrigeración, iluminación y ACS.

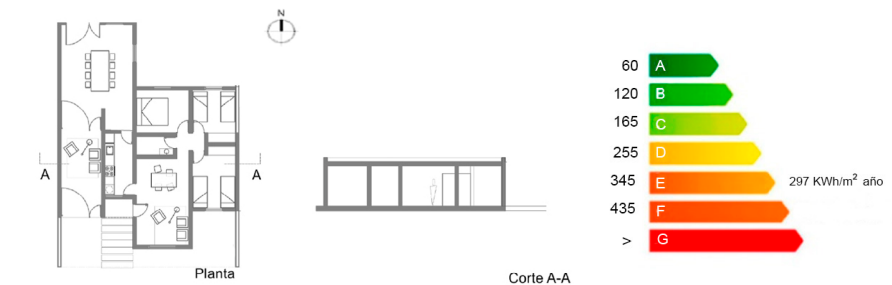
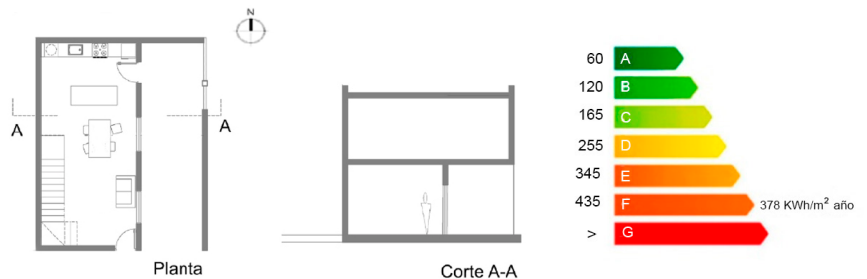
Dado que el objetivo del estudio es analizar la sensibilidad del IPE a las variables dominantes del método del AIN, se adoptó un enfoque de optimización centrado en mejoras pasivas. Para garantizar consistencia metodológica y comparabilidad, se seleccionó como caso representativo la vivienda V1, por presentar el IPE más elevado, ausencia de estrategias pasivas previas, valores de transmitancia muy por encima de IRAM 11605, condiciones geométricas y constructivas típicas de vivienda social en San Juan.

Esta selección fue necesaria para evitar análisis parciales entre unidades no comparables. Se modelaron intervenciones pasivas sobre muros exteriores, cubierta, aberturas expuestas, cuantificando su incidencia individual y combinada sobre el IPE. Las superficies intervenidas se determinaron mediante relevamiento *in situ* y se expresan como m² y como porcentaje del total de la envolvente evaluada.

CASOS DE ESTUDIO

Las cuatro viviendas seleccionadas (V1 a V4) son representativas del parque habitacional de la ciudad de San Juan, Argentina, ubicada en una de las zonas sísmicas más activas de América Latina. Desde el punto de vista climático, esta ciudad presenta un clima templado-cálido según la normativa IRAM 11.603 (IRAM, 2012) y árido desértico (Bwk) de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (Beck *et al.*, 2023).

Las viviendas fueron construidas cumpliendo con la normativa sismo resistente vigente y presentan diversas combinaciones en cuanto a tipología (adosada y aislada), número de plantas (una y dos), tipo de envolvente y estrategias pasivas aplicadas. Esta diversidad permite realizar un análisis comparativo que considera tanto las características constructivas como las estrategias de eficiencia energética implementadas.



¹ Ver: <https://www.argentina.gob.ar/smn>.

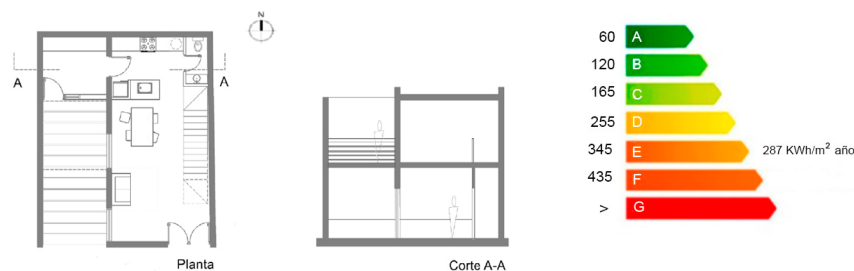


Figura 3. Planta arquitectónica y corte transversal de vivienda 3 (V3); clasificación IPE, V3 (fuente: elaboración propia, 2024).

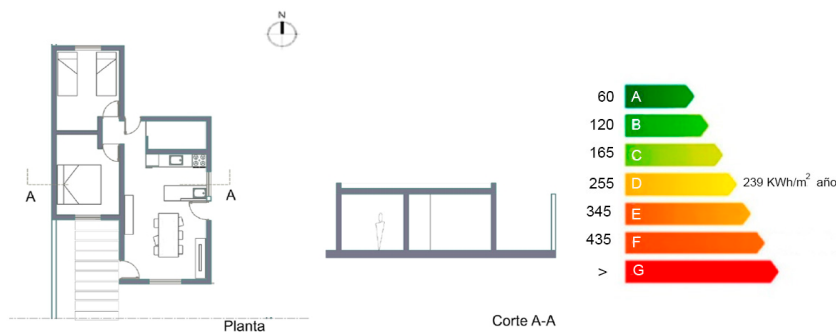


Figura 4. Planta arquitectónica y corte transversal de vivienda 4 (V4); clasificación IPE, V4 (fuente: elaboración propia, 2024).

En las figuras 1 a 4 se presentan los planos esquemáticos de cada una de las viviendas, acompañados del valor IPE, expresado mediante la etiqueta energética correspondiente que fue elaborada a partir del estudio previamente mencionado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis energético confirmó que las mayores diferencias entre los IPE de las viviendas evaluadas derivan principalmente de la transmitancia térmica de muros y cubiertas, variables que el método del AIN pondera

fuertemente en el cálculo de la demanda teórica normalizada. En los casos V1, V3 y V4, los valores de U de muros superan entre 45%-58% los límites recomendados por IRAM 11605 para zonas áridas, lo que explica su mayor demanda energética calculada.

La vivienda V4, aun contando con orientación este-oeste desfavorable, obtuvo el IPE más bajo gracias a la combinación de dos factores pasivos relevantes: protecciones solares exteriores y una envolvente con valores de U inferiores a los de V1 y V3. Esto coincide con la sensibilidad del AIN hacia estrategias que disminuyen ganancias solares directas en verano, independientemente de la orientación. A continuación, se sintetizan los principales hallazgos derivados de la caracterización técnica presentada en la tabla 1.

A continuación, se sintetizan los hallazgos clave, analizados a partir de los datos más significativos de la tabla 1.

Envolvente térmica

Muros. Las transmitancias variaron entre 1,79 W/m²K (V2) y 2,43 W/m²K (V4). La V2, con muros de ladrillo cerámico hueco y un revestimiento exterior adicional, alcanzó el mejor desempeño. En cambio, V1, V3 y V4 presentan mamposterías con U superiores a 2,37 W/m²K, valor muy por encima del límite recomendado ($\leq 1,50$ W/m²K), lo que compromete su comportamiento térmico.

Cubiertas. Las cubiertas con aislación incorporada (V1 y V3, $U = 0,33$ W/m²K) mostraron un comportamiento notablemente mejor respecto de las losas macizas sin aislación (V4, $U = 1,94$ W/m²K). Dado que la cubierta es el elemento más expuesto a la radiación en climas áridos, este componente influye directamente sobre las cargas de refrigeración estival.

Aberturas. V4, equipada con protecciones solares metálicas y aberturas con U moderada (2,8 W/m²K), registró el IPE más bajo (239 kWh/m² año). Por el contrario, V1 y V3, con aberturas de alta transmitancia (4,54 W/m²K) y sin protecciones solares, presentaron mayores ganancias térmicas y mayores

	Tipo de ventilación	Orientación	Protección solar	Superficie total habitable	Vegetación lindante	Exposición a la intemperie	muro	cubierta
V1	intermedia	norte-sur	no	69 m²	sí (norte)	baja	MB	LPP*
V2	cruzada	norte-sur	sí	128 m²	sí (sur)	baja	MBRE	LPH*
V3	intermedia	norte-sur	no	71 m²	sí (norte)	media	MB	LPP*
V4	cruzada	este-oeste	sí	80 m²	no	baja	MB	LM*
	Tm* muro	Tm* cubierta	Tm* aberturas	Capacidad de calefacción requerida (KW)	Capacidad de calefacción instalada (KW)	Capacidad de refrigeración requerida (KW)	Capacidad de refrigeración instalada (KW)	IPE [kWh /m² año]
V1	2,37	0,33	4,54	4,7	2,9	2,9	5,4	378
V2	1,79	1,78	2,43	11,3	7,0	8,6	5,2	297
V3	2,37	0,33	4,45	5,1	4,6	3,3	5,2	287
V4	2,43	2,52	2,8	8,9	17,1	6,3	13,1	239

Nota: MB: mampostería de ladrillo cerámico macizo con revestimiento simple; MBRE: mampostería de ladrillo de hormigón hueco con revestimiento simple, y revestimiento exterior extra de láminas de ladrillo cerámico; LM: losa maciza de hormigón; LPH: losa pretensada con ladrillo cerámico hueco; LPP: losa pretensada de ladrillo de poliestireno expandido; Tm: transmitancia media [W/m² K]. Fuente: elaboración propia, 2025.

Tabla 1. Caracterización relevante de los casos de estudio (fuente: elaboración propia, 2025).

Componente	V1	V2	V3	V4	IRAM 11605 (límite)	ISO 52000-1 (zona árida)
Muros [W/m²K]	2,37	1,79	2,37	2,43	≤ 1,50	≤ 1,30
Cubiertas [W/m²K]	0,33	1,78	0,33	2,52	≤ 0,40	≤ 0,35
Aberturas [W/m²K]	4,54	2,43	4,45	2,8	≤ 2,80	≤ 2,50
Cumplimiento normativo	No	Parcial	No	Parcial	-	-

Tabla 2. Comparativa de transmitancias térmicas (U) en envoltentes de viviendas piloto vs. estándares IRAM 11605 e ISO 52000-1 (fuente: elaboración propia, 2024).

demandas energéticas (378 y 287 kWh/m²·año, respectivamente). Este comportamiento evidencia que la transmisión térmica y el control solar deben analizarse de manera integrada, considerando no solo la calidad térmica de los materiales, sino también la exposición solar y la presencia o ausencia de elementos de sombreado. La tabla 2 muestra que las transmitancias de V1, V3 y V4 superan hasta en 58% las recomendaciones de IRAM 11605, justificando sus mayores niveles de demanda energética.

Equipamiento instalado

El relevamiento identificó casos de sobredimensionamiento y subdimensionamiento en los sistemas de calefacción y refrigeración. Sin embargo, según la metodología del PRONEV, el dimensionamiento de equipos no afecta el cálculo del IPE, ya que el índice se basa exclusivamente en la demanda teórica para alcanzar las temperaturas de consigna normalizadas. Por lo tanto, las diferencias en potencia instalada se consideran únicamente como indicadores complementarios de coherencia proyectual, pero no influyen

en los resultados energéticos obtenidos mediante el AIN.

Propuestas de mejoras

Dado el carácter exploratorio del estudio y con el objetivo de analizar la incidencia relativa de las variables dominantes del método de cálculo del AIN, en lugar de aplicar mejoras parciales y no comparables en múltiples viviendas se optó por concentrar el análisis de optimización en un único caso representativo.

En este marco, se definió un escenario de optimización basado exclusivamente en intervenciones pasivas sobre la envoltente térmica aplicadas a una vivienda de referencia (V1). Esta fue seleccionada por presentar un IPE elevado y carecer de estrategias pasivas significativas, lo que la convierte en un caso adecuado para evaluar el potencial de mejora. En primer lugar, se consideraron intervenciones directas sobre la envoltente opaca, dado que la transmitancia térmica de muros y cubiertas constituye uno de los factores con mayor incidencia en la demanda energética calculada por el AIN. En los muros exteriores

más expuestos (orientaciones norte y este), se incorporó un sistema de aislamiento térmico por el exterior compuesto por placas de poliestireno expandido (EPS) de 50 mm, malla de fibra de vidrio embebida en mortero y un revestimiento cementicio final. Esta solución permitió reducir la transmitancia térmica de los muros desde 2,37 W/m²K hasta 2,12 W/m²K. En la cubierta, se complementó la membrana aluminizada existente incorporando una placa de EPS de 40 mm, acompañada de una capa separadora, mortero adhesivo con malla de fibra de vidrio y revestimiento cementicio final. Esta intervención redujo la transmitancia térmica de la cubierta desde 0,33 W/m²K hasta 0,21 W/m²K. Las soluciones adoptadas fueron seleccionadas por su viabilidad constructiva, su compatibilidad con procesos de rehabilitación en viviendas sociales y su elevado impacto en la reducción de la demanda térmica.

Adicionalmente, se evaluó una intervención pasiva orientada a mejorar el desempeño térmico de las aberturas. Se realizó el recambio del vidrio simple laminado existente (4 mm + 4 mm) por un doble vidriado hermético (DVH) con vidrio incoloro de 3 mm + cámara de 12 mm + 3 mm, aplicado en dos puertas-ventanas ubicadas en la orientación norte, correspondientes a las superficies vidriadas de mayor exposición y mayor incidencia en las ganancias térmicas estivales. La superficie total intervenida fue de 3,8 m². Esta medida permitió reducir la transmitancia térmica del paño vidriado en 0,64 puntos, y disminuir el

ELEMENTO	SUPERFICIE TOTAL (M²)	SUPERFICIE INTERVENIDA (M²)	% SOBRE SUPERFICIE TOTAL	U INICIAL (W/M²K)	U FINAL (W/M²K)	ΔU	IPE INICIAL	IPE TRAS INTERVENCIÓN	REDUCCIÓN (%)
Muro exterior	90 m2	45 m2	50%	2,37	2,12	0,25	378	329	13%
Cubierta	36 m2	36 m2	100%	0,33	0,21	0,12	378	370	2%
Aberturas	8,20 m2	3,8 m2	46%	4,54	3,90	0,64	378	362	4%
Mejoras combinadas	-	-	-	-	-	-	378	306	19%

Tabla 3. Propuestas de mejoras y variabilidad del IPE en V1 (fuente: elaboración propia, 2024).

ingreso de radiación solar directa, optimizando el control térmico estacional en las zonas de mayor carga.

En síntesis, el conjunto de mejoras pasivas aplicadas a la envolvente térmica permitió reducir el IPE de la vivienda de 378 kWh/m² a 306 kWh/m²·año (ver tabla 3), lo que representa una disminución del 19%. Este comportamiento confirma el alto peso relativo de la transmitancia térmica --tanto de muros y cubiertas como de las superficies vidriadas expuestas-- en el cálculo del AIN.

Este enfoque permitió evaluar de manera aislada el efecto de las intervenciones sobre la envolvente térmica en el desempeño energético, identificando su papel como principal variable de reducción del IPE dentro del método de cálculo del AIN.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman, en el contexto específico de la ciudad de San Juan, el rol determinante de la envolvente térmica en el desempeño energético de las viviendas, particularmente a través de la transmitancia térmica de muros y cubiertas, así como del control solar en aberturas. Estos resultados no constituyen un hallazgo novedoso desde el punto de vista teórico, pero aportan evidencia empírica localizada que permite dimensionar su impacto sobre viviendas sociales reales conforme al protocolo del PRONEV.

El análisis comparativo mostró que viviendas con orientaciones desfavorables pueden alcanzar mejores niveles de desempeño energético cuando incorporan estrategias pasivas adecuadas, como protecciones solares y envolventes con menor transmitancia térmica. En contraposición, la ausencia de estas estrategias incrementa significativamente la demanda energética, aun cuando los

sistemas activos se encuentren correctamente dimensionados.

En relación con los sistemas de climatización, los resultados ponen de manifiesto que el ajuste de la potencia instalada no modifica el valor del IPE calculado por el AIN, dado que este índice se basa en la demanda energética teórica del edificio. No obstante, el análisis del dimensionamiento resulta relevante como indicador complementario para evaluar la coherencia del diseño desde el punto de vista operativo, económico y de confort, aspectos que exceden el alcance del índice, pero son fundamentales en la práctica proyectual.

Asimismo, se observó que intervenciones puntuales, como el recambio de vidrios simples por DVH o la incorporación aislada de protecciones solares, presentan impactos acotados cuando la superficie intervenida es reducida o cuando no se acompañan de mejoras en otros componentes de la envolvente. En el caso analizado, el recambio de 3,8 m² de superficies vidriadas expuestas contribuyó a la reducción del IPE, aunque su incidencia relativa resultó menor en comparación con las mejoras aplicadas sobre muros y cubiertas, confirmando la necesidad de abordar la eficiencia energética desde una lógica integral.

Desde la perspectiva de la política pública, el estudio evidencia la utilidad del PRONEV y de su herramienta AIN para realizar diagnósticos energéticos estandarizados, al tiempo que pone de relieve la importancia de interpretar sus resultados a la luz de las particularidades climáticas regionales. En este sentido, los casos analizados aportan información relevante para la discusión sobre la adaptación de criterios de evaluación a contextos áridos y templado-cálidos como el de San Juan.

CONCLUSIÓN

El estudio permitió cuantificar la incidencia relativa de las principales variables de la envolvente térmica en el cálculo del IPE mediante el AIN, aportando evidencia empírica localizada para viviendas sociales en clima árido de la ciudad de San Juan. Los resultados muestran que la reducción de la transmitancia térmica de muros y cubiertas constituye la estrategia pasiva con mayor impacto dentro del método, seguida por mejoras en superficies vidriadas expuestas cuando estas representan proporciones significativas del total de la envolvente. Las intervenciones realizadas sobre V1 redujeron el IPE en 19%, confirmando que la sensibilidad del índice se rige de manera poderosa por las propiedades térmicas de los elementos opacos. Este hallazgo, si bien coherente con la bibliografía internacional, adquiere relevancia local al demostrar su magnitud en viviendas construidas conforme a estándares regionales y en condiciones climáticas áridas.

El enfoque aplicado constituye un protocolo replicable en otros conjuntos habitacionales de la provincia y en contextos climáticos similares, lo que contribuye a la consolidación de criterios técnicos para la implementación territorial del PRONEV. El estudio evidencia la necesidad de considerar escalas regionales diferenciadas y de integrar análisis pasivos específicos del clima Bwk de San Juan en los procesos de diagnóstico energético.

Los resultados obtenidos constituyen una base técnica útil para futuras evaluaciones comparativas y para la definición de escalas regionales dentro del PRONEV, particularmente en zonas áridas del oeste argentino. ▲●●

REFERENCIAS

- 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>.
- Kalair, A. R., Seyedmahmoudian, M., Abbas, N., Saleem, M., Stojcevski, A., Mekhilef, S., & Koh, K. (2023). *Energy Audit in Buildings for Sustainable Economic Development* (pp. 587-612). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22749-3_37
- Balali, A., Yunusa-Kaltungo, A., y Edwards, R. (2023). A systematic review of passive energy consumption optimisation strategy selection for buildings through multiple criteria decision-making techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 171, 113013. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113013>.
- Beck, H.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N. et al. (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901-2099 based on constrained CMIP6 projections. *Sci Data* 10, 724 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02549-6>.
- Blasco, I. (2021). Rehabilitación sustentable de vivienda barrial masiva en clima semiárido: Evaluación termo-energética y microeconómica. *Informes de la Construcción*, 73(561), 5. <https://doi.org/10.3989/IC.62118>.
- Elaouzy, Y., y El Fadar, A. (2022). Energy, economic and environmental benefits of integrating passive design strategies into buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112828. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112828>.
- Espino-González, F., Armas-Cabrera, M. E., Montesdeoca-Martínez, F., y Velázquez-Medina, S. (2024). Optimization of energy consumption in residential housing within the framework of energy sustainability strategies: A case study in the Canary Islands. *Journal of Building Engineering*, 110014. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110014>.
- Far, C., Ahmed, I., y Mackee, J. (2022). Significance of occupant behaviour on the energy performance gap in residential buildings. *Architecture*, 2(2), 424-433. <https://doi.org/10.3390/architecture2020023>.
- Gan, A., y Klee, D. (2024). Quantifying kitchen appliances' phantom loads using a shifted gamma distribution model. *JEI* 24-011. <https://doi.org/10.59720/24-011>.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1996). Condiciones térmicas de ambientes interiores (IRAM 11900).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). Acondicionamiento térmico en edificios: Clasificación bioambiental de la República (IRAM 11603). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/574>.
- International Organization for Standardization. (2017a). ISO 52000-12017 - Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment.
- Jurshari, M. Z., Tazakor, M. Y., y Yeganeh, M. (2024). Optimizing the dimensional ratio and orientation of residential buildings in the humid temperate climate to reduce energy consumption (Case: Rasht, Iran). *Case Studies in Thermal Engineering*, 59, 104484. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104484>.
- 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: Barrio Papa Francisco. *Revista Hábitat Sustentable*, 10(1), 44-55. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.04>.
- Li, X., Shen, C., y Yu, C. W. (2017). Building energy efficiency: Passive technology or active technology? *Indoor and Built Environment*, 26(6), 729-732. <https://doi.org/10.1177/1420326X17719157>.
- Otsubo, M. (2021). *Understanding the energy performance gap: Case studies of energy efficient homes* [Tesis de Magister, Ryerson University]. <https://doi.org/10.32920/RYERSON.14660757V1>.
- Ruiz, V., Rodríguez, R., y Pattini, A. (2024). Uso racional y eficiente de la energía para iluminar en Argentina (1979-2024): ¿Políticas públicas o buenas intenciones? *Revista Hábitat Sustentable*, 17, 3-34. <https://doi.org/10.71047/2524.9568.n17.44582>.
- Sharma, S. y Dongre, R. (2024). Using building orientation to promote sustainability. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(2). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.16316>.
- Smedby, N. (2010). *Energy policy development in a non-OECD context: Early experiences of energy efficiency policy for residential buildings in Argentina*. [Tesis de Magister, Institute for Industrial Environmental Economics (IIEE), Lund University]. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/1747072/file/1747087.pdf>
- Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético. (2024). Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas. <https://etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar/>.
- Taherian, H., y Peters, R. W. (2023). Advanced active and passive methods in residential energy efficiency. *Energies*, 16(9), 3905. <https://doi.org/10.3390/en16093905>.
- Zhdanova, I. V. y Kuznetsova, A. (2022). Features of designing residential buildings with nearly zero energy consumption. *Bulletin of Belgorod State Technological University Named after V. G. Shukhov*, 8(2), 85-93. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2022-8-2-85-93>.