

VIVIENDAS EN VULNERABILIDAD ENERGÉTICA. CASO DE ESTUDIO EN USHUAIA, PATAGONIA, ARGENTINA.

Camila Andrea Ludueña¹, Consolación Ana Acha Román¹

¹*Escuela técnica superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España*

Tel: (+34)623 038 068 e-mail: camilaludu@gmail.com

RESUMEN Este trabajo tiene por objetivo evaluar del comportamiento térmico y energético de dos viviendas ubicadas en la ciudad de Ushuaia, Patagonia, Argentina, construidas con una envolvente térmica ineficiente. Para dicha evaluación se ha encuestado a los hogares en aspectos técnicos y de percepción del confort. Por otro lado, se ha cuantificado el consumo energético y se han evaluado los valores monetarios en cuanto a la inversión que representa para los hogares. El consumo de gas se calcula entre 640 y 715 kWh/ m² por año para calefaccionar las viviendas, hacer uso del agua caliente sanitaria y cocinar. Dicho consumo se encuentra subsidiado por el estado en un 99,5%, aun así, las viviendas no alcanzan el confort térmico a lo largo del año; por tanto, requieren de estrategias para la gestión de la energía que expone a los hogares a una falta de confort térmico y una gran vulnerabilidad.

Palabras clave: Consumo energético. Vulnerabilidad energética. Confort térmico. Transmitancia térmica.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, el gas natural es el principal combustible de uso residencial a nivel nacional, según información pública basada en encuestas sobre 31 aglomerados urbanos. Alrededor del 70,4% de los hogares están conectados a la red de gasoductos (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018). Los hogares fuera de la red de gas natural utilizan principalmente gas envasado, y en menor cantidad leña, queroseno y electricidad como fuentes de energía térmica (A. D. González et al., 2007). De acuerdo con el censo nacional realizado durante el año 2022 el 87,3 % de los hogares de la ciudad de Ushuaia utilizan gas de red o electricidad para cocinar (*Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023*) quedando fuera el porcentaje de viviendas que dependen de gas envasado u otros combustibles.

Debido a las diferencias climáticas dentro del país, las zonas más frías se han beneficiado de las subvenciones a la energía debido a su situación geográfica y, por tanto, a la alta demanda de calefacción. La ciudad de Ushuaia, ubicada en el extremo sur del país, siendo una de las localizaciones más frías ofrece el beneficio del subsidio para toda la población que no cuente con conexión a red de distribución de gas natural. Sin embargo, este sistema de gestión no ha permitido a la población desarrollar un sentido de conciencia energética y ambiental. Así, los hogares de ingresos medios o altos han sido, por años, los más beneficiados ya que no han tenido que modificar sus envolventes para hacerlas más eficientes (Filippín & Larsen, 2012).

Las metodologías de análisis del comportamiento térmico y energético de viviendas tanto ocupadas como desocupadas no ha tenido una gran variación en los últimos años, en muchos casos consiste en la caracterización de las envolventes y en la monitorización de los espacios interiores con el objetivo de cuantificar y cualificar los niveles de confort de los hogares y su relación con los elementos constructivos circundantes (Martín-Consuegra et al., 2021; Wang et al., 2023). La diferencia entre los casos de estudio

radica en la singularidad del contexto espacial, climático, cultural, energético y económico (Domínguez-Amarillo et al., 2018). Por tanto, si bien la metodología es replicable no así la forma posterior de intervenir. La riqueza de los resultados obtenidos en las evaluaciones consiste en la capacidad de profundizar en momentos concretos de la historia de los edificios, los impactos sobre el confort y el consumo energético (de Frutos et al., 2021).

Por otro lado, la consideración e implementación de enfoques cualitativos (Gayoso Heredia et al., 2022) abre la puerta a la incorporación de aspectos subjetivos al estudio del confort y la exposición de los hogares a diferentes tipos de vulnerabilidades relacionados con la habitabilidad en su conjunto. La rehabilitación energética integral de viviendas, siendo uno de los objetivos urgentes en las agendas estatales (Ebrahimigharehbaghi et al., 2022) requiere de la comprensión del estado actual de las viviendas, no solo en cuanto a cuestiones materiales objetivas si no también a la consideración de percepciones y realidades diversas que en muchos casos quedan fuera de las políticas de actuación. Resulta imposible replicar y aplicar soluciones de rehabilitación sin considerar aspectos locales como, en este caso, la gestión energética y las características de tipos constructivos utilizados derivados de un contexto social y cultural.

El objetivo del presente artículo es evaluar el comportamiento térmico y energético de dos casos de estudio ubicados en la ciudad de Ushuaia, Patagonia, Argentina. Los hogares presentan tipologías constructivas ineficientes que se dan, en parte, debido a que las subvenciones sobre la energía consumida son muy elevadas. Por tanto, no representan una imposibilidad económica para los hogares como para que se considere imprescindible la mejora de las características térmicas.

Por otro lado, reflejar la singularidad del contexto energético en el que se enmarca este estudio cuyo fin propone la futura creación de actuaciones de rehabilitación acordes a las necesidades concretas del entorno para paliar la vulnerabilidad energética en la que pudieran estar los hogares tanto en el presente como el futuro.

CASO DE ESTUDIO

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, la región presenta un clima “ET” tundra polar (Peel et al., 2007) y según la normativa IRAM 11.603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012) corresponde a la zona bio ambiental VI (muy fría). El clima en esta región podría presentar temperaturas invernales que ocasionalmente bajan a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y temperaturas medias máximas en verano de unos $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores de grados días son mayores a $2730\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Como es de esperar, debido a la hostilidad del clima, es necesario mantener los espacios habitables calefaccionados la mayor parte del año utilizando diferentes recursos energéticos (A. González, 2014). Por tanto, existe un sistema de subsidios para quienes no están conectados a la red de gasoductos (Ente regulador del gas, 2018). Las viviendas estudiadas se encuentran ubicadas en un barrio situado a tres kilómetros del centro de la ciudad, el cual cuenta con un acceso complejo que requiere un alto mantenimiento tanto en invierno como en verano debido a la falta de infraestructura conformándose un contexto urbano con grandes dificultades, sobre todo durante el periodo invernal.

La vivienda 1 (Figura 1y Figura 2) fue originalmente construida como refugio para reubicar a las familias en situación de emergencia en cuanto al acceso a la vivienda. Ha sido escogida por ser una de las unidades que aún mantiene las características originales casi en su totalidad, tanto en dimensiones como en materiales. Es uno de los edificios que menos intervenciones ha sufrido a lo largo del tiempo, lo que permite establecer una situación real y muy desfavorable al mismo tiempo como punto de partida.

La vivienda 2 (Figura 3 y Figura 4) es producto de la autoconstrucción y ha sido modificada a lo largo del tiempo, por tanto, cuenta con diferentes materiales empleados. Ha sido escogida como representante del

conjunto de viviendas comúnmente construidas en la zona, ya que, gran parte de ellas se componen de sistemas y materiales similares. Tanto en la V1 y V2, el perfil ocupación se compone de cuatro miembros, dos personas adultas y dos menores.



Figura 1 Fachada principal. Vivienda 1.

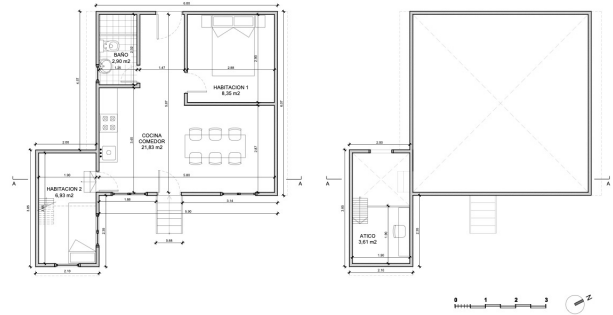


Figura 2 Planos de la vivienda 1.

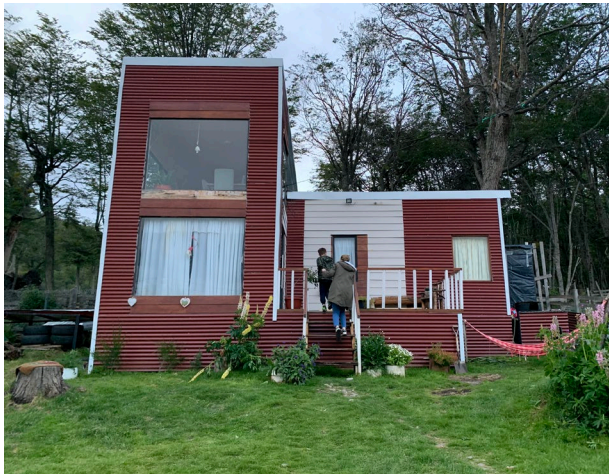


Figura 3 Fachada principal. Vivienda 2.

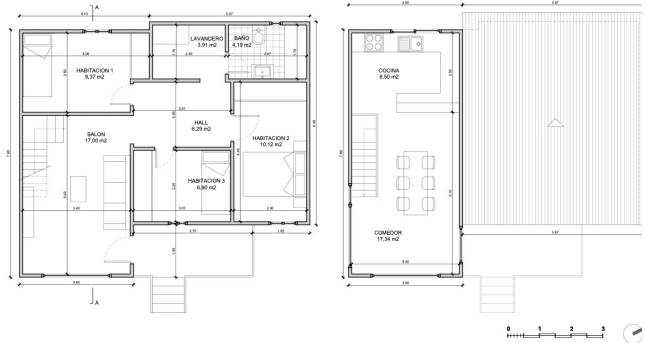


Figura 4 Planos de la vivienda 2.

METODOLOGIA

Para poder caracterizar y analizar el comportamiento térmico de las viviendas en su totalidad, se han desarrollado dos tareas principales que consisten en la realización de una encuesta cerrada en formato de entrevista y una monitorización higrotérmica durante dos años (2021 – 2023) de cada uno de los hogares. En el presente artículo se compartirán los análisis desarrollados a partir de las entrevistas.

Se han realizado visitas en las viviendas con dos objetivos, por un lado, obtener información para la representación gráfica y, por otro lado, obtener información relacionada con el uso de la vivienda y la percepción del confort con el fin de comprender la situación global en la que viven las familias en relación con la gestión energética. Con tal objetivo se ha desarrollado una entrevista guiada por una encuesta en la que se han realizado preguntas relativas a: 1. Datos generales de la vivienda, 2. Características constructivas, 3. Instalaciones (HVAC), 4. Datos de consumo, 5. Hábitos de consumo y uso de la vivienda y 6. Percepción del confort y otras consideraciones.

La duración de la visita supero una hora ya que, previo al desarrollo de la entrevista, se realizaron fotografías del inmueble y se llevó a cabo un levantamiento métrico con el fin de poder realizar la planimetría completa de cada uno de los hogares.

RESULTADOS

En el presente apartado se expondrá el análisis desarrollado a partir de la información obtenida de las entrevistas y visitas realizadas en la vivienda 1 y la vivienda 2.

Entrevistas

Se presenta un resumen sobre los aspectos más relevantes obtenidos en el proceso de entrevista. Como se puede observar, el gas es predominante en cuanto a la energía utilizada tanto para calefacción como para cocinar. Por otro lado, si bien el tamaño de la vivienda varía, el resto de los aspectos como la materialidad de la envolvente y los hábitos de uso son similares.

Las características detalladas en la *Tabla 1* fueron incluidas por considerarse imprescindibles a la hora de conocer el comportamiento térmico y energético de una vivienda ocupada. Por otro lado, hay una serie de preguntas relacionadas con la percepción del confort y con la percepción de mejoras por parte de los ocupantes que aporta información interesante a la hora de incorporar aspectos cualitativos en la caracterización de los hogares.

En cuanto a los resultados de la encuesta de la V1, se puede concluir que tanto el uso de la vivienda como la percepción del confort difiere por varios aspectos, por un lado, el espacio de uso común es más pequeño y en él se desarrollan la mayor cantidad de actividades cotidianas incluyendo las actividades de cocina. Lo cual genera una necesidad de hacer uso de la ventilación natural (30 minutos diarios). Otro aspecto relevante, expresado en la visita, es la reciente incorporación de cielorraso en el salón con el objetivo de reducir el volumen a calefaccionar. Si bien se expresa estar en confort térmico durante el invierno, se menciona durante la entrevista que el grado de infiltraciones de aire es elevado y que, al no existir recibidor de acceso a la vivienda, la apertura de puertas genera pérdidas térmicas abruptas ocasionando constantes incomodidades. Si bien dicen lograr alcanzar el confort, las condiciones actuales no resultan del todo adecuadas y la exposición a extremos térmicos puede darse repetidas veces en un día.

En el caso de la V2, el uso de los espacios es diferente debido al tamaño y los hábitos de uso cotidianos. Aun así, expresan la necesidad de poder mantener la vivienda a una temperatura adecuada en su totalidad. En este caso, no se calefaccionan todas las salas al mismo tiempo si no, al momento de hacer uso de ellas. La gestión de la calefacción es similar a la V1 ya que en ambos casos se reduce la temperatura o se apagan los equipos de climatización en momentos de ausencia de ocupación. Esta gestión de la calefacción tiene por objetivo el ahorro energético, pero exponiendo al hogar a una falta de confort térmico cotidiana ya que se requiere calentar el aire interior de los espacios repetidas veces en un solo día.

En la encuesta se ha evidenciado que los hogares no consideran que tengan un gasto económico excesivo en energía lo cual actúa en detrimento a la creación de conciencia ambiental y mejora de hábitos de uso y consumo por parte de los usuarios. Aun así, son conscientes del gasto económico que implicaría excederse del valor subsidiado ya que ambas viviendas cuentan con estrategias de gestión de la calefacción en las diferentes estaciones del año.

Tabla 1 Resultados de las encuestas.

Vivienda	V1	V2
Área (m ²)	43,6	83,6
Régimen de tenencia	Propiedad	Propiedad
Número de ocupantes	4	4
Confort declarado en invierno	Si	No
Confort declarado en verano	Si	No
Uso de la ventilación natural (min/día)	30 min. Mientras cocina	No ventilan a diario
Sistema de calefacción	Calefactor tiro balanceado	Calefactor tiro balanceado
Fuente utilizada para calefacción	Gas	Gas
Sistema de agua caliente sanitaria	Calentador	Termo
Fuente utilizada para agua caliente sanitaria	Gas	Electricidad
Sistemas utilizados para cocinar	Cocina y horno	Cocina y horno
Fuente utilizada para cocinar	Gas	Gas
Ventanas en las que hay infiltración de aire	Salón	Ninguna
Ventanas en las que hay condensación	Salón	Cocina
¿Qué mejoraría de su vivienda para estar en confort todo el año?		
Requiere	Mas calor en invierno	-
Calentar rápidamente	Baño	-
Mantener caliente	Salón	La vivienda entera
Agua caliente	-	Aumentar la cantidad
Ventanas	Aumentar la entrada de luz solar	-
¿Considera que paga demasiado en energía?	No	No

Características térmicas de las envolventes

Los sistemas de construcción utilizados en la región tienen poco que ver con el clima donde se ubican, debido a la falta de resistencia e inercia térmica en las envolventes. En cuanto a la estructura, existe una marcada tendencia al uso de marcos de madera y/o perfiles metálicos, aislados con lana de vidrio y revestidos de chapa metálica en el exterior y de cartón-yeso y/o placas de madera en el interior (Tabla 2). Una de las razones por las que se eligen estos sistemas constructivos es la rapidez del montaje, lo que permite aprovechar sobre todo las estaciones de primavera y verano para la construcción. La falta de adaptación de las construcciones al clima de Ushuaia en combinación con la falta de conexión de gas natural por red expone a los hogares a una vulnerabilidad energética.

En los casos de estudio, las viviendas se encuentran elevadas del terreno. La V1 se compone de estructura de madera, revestimiento al exterior de chapa metálica y al interior de placas de cartón yeso, aislamiento en cubierta y muros de 5 cm de lana de vidrio. Cuenta con una habitación adosada, construida a posterior, la cual se compone de estructura de madera y tableros de partículas como revestimiento tanto interior como exterior, no cuenta con aislamiento térmico. Todas las ventanas son de marco de madera y vidrio simple. No se utiliza aislamiento térmico en el suelo.

La V2 también ha sufrido reformas, el módulo antiguo se encuentra construido con estructura de madera, revestimiento al exterior de chapa metálica y al interior de placas de cartón yeso, aislamiento en cubierta y muros de 10 cm de lana de vidrio. El módulo nuevo utiliza los mismos materiales de revestimiento, pero empleando metal para la estructura. Se evidencian tres tipos de ventanas: [1] marco de metal y vidrio sencillo (8 mm), [2] marco de madera y vidrio sencillo (6 mm) y [3] marco de metal y vidrio doble con cámara de aire (6-10-6 mm). No se utiliza aislamiento térmico en el suelo. En la Tabla 3 se muestran los valores de transmitancia térmica para cada elemento de la envolvente y para cada una de sus composiciones. En cuanto a la transmitancia térmica, estas fueron calculadas por los investigadores una vez que se tuvo acceso a la información sobre el sistema constructivo utilizado y las características de los materiales.

Tabla 2 Materialidad utilizada en las viviendas de estudio.

Materiales	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m. K) (Instituto Eduardo Torroja, 2011)
Vivienda 1		
Acero galvanizado	0,004	50,00
Lana de vidrio	0,05	0,04
Tableros de OSB	0,015	0,13
Placa cartón yeso	0,018	0,18
Pie derecho de madera	0,08	0,23
Tablero de partículas	0,03	0,18
Suelo vinílico	0,007	0,17
Viga de suelo / cubierta	0,10	0,23
Suelo cerámico	0,01	1,30
Vivienda 2		
Acero galvanizado	0,004	50,0
Tableros de OSB	0,015	0,13
Lana de vidrio	0,10	0,04
Placa cartón yeso	0,018	0,18
Pie derecho de madera	0,08	0,23
Pilar/viga (metal)	0,08	50,0
Viga de cubierta (madera)	0,10	0,23
Viga de suelo (metal)	0,10	50,0
Piso flotante	0,06	0,24
Suelo cerámico	0,10	1,30

Tabla 3 Transmitancia térmica vivienda 1 y vivienda 2

Transmitancia térmica (U) ¹	Transmitancia térmica (U) ¹	
	Vivienda 1 (W/m ² K)	Vivienda 2 (W/m ² K)
Muro	0,92	0,53
	1,79	0,75
Cubierta	0,75	0,55
		1,06
Suelo	2,50	1,59
	2,88	2,35
Huecos	7,6	7,3
		6,2
		4,2

¹ Mas de un valor de transmitancia significa que hay más de una composición en la envolvente.

La norma IRAM 11.900 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2019) identifica cuatro niveles definidos por los valores de transmitancia térmica de paredes y techos (*Tabla 4*). Comparando los valores de las envolventes con los que exige la normativa, en ambos casos se mantienen entre el nivel A/B y C. El impacto de la calidad de las envolventes repercutirá directamente sobre la demanda y el consumo energético y sobre el confort térmico de los hogares.

Tabla 4 Valores de transmitancia térmica establecidos por la normativa local.

Transmitancia térmica (U)	Nivel A	Nivel A/B	Nivel B	Nivel C
Muro	0.27 W/m ² K	0.50 W/m ² K	0.72 W/m ² K	1.23 W/m ² K
Cubierta	0.23 W/m ² K	0.42 W/m ² K	0.61 W/m ² K	1.00 W/m ² K

En esta región, no se desarrollan fuertes políticas destinadas a mejorar las características térmicas de los edificios y la concienciación social sobre el consumo y la eficiencia energética. Para poder planificar y proponer alternativas de rehabilitación es imprescindible estudiar el estado actual de una forma detallada ya que las soluciones existentes en materia de rehabilitación energética no son fácilmente replicables en todos los contextos socioeconómicos y geográficos. La diversidad o falta de recursos puede dificultar la creación de planes sostenibles, apropiables y aplicables en ciudades como Ushuaia.

Consumo energético

Hasta el momento, este sector residencial ha estado utilizando el gas envasado y la madera como principales recursos de energía térmica. Como se ha mencionado anteriormente, el suministro de gas se encuentra subsidiado por el estado.

El subsidio estatal cubre el 99,5% del consumo energético dentro de un rango preestablecido. Los importes se dividen en dos períodos, verano: de octubre a abril, e invierno, de mayo a septiembre. Durante el verano el gobierno sólo subvenciona 240 kg por mes y durante el invierno 450 kg por mes, si los usuarios consumen más kg mensuales, deben pagar la diferencia consumida a un valor sin subsidio aplicado. La V1 consume el gas en formato de garrafas de 45 kg mientras que la V2 consume gas a granel ya que cuenta con un depósito de mayores dimensiones para ello.

Tabla 5 Valores de la energía con y sin subsidios¹.

	Garrafa (45 kg)	Granel (x kg)
Con subsidio	USD 0,30 \$ 90	USD 0,006 \$ 2
Sin subsidio	USD 55 \$ 16.300	Verano: USD 1,27 \$ 375 Invierno: USD 1,24 \$ 365

Estas viviendas utilizan el gas para calentar los espacios habitables, hacer uso de las cocinas y el agua caliente sanitaria. Los dispositivos para la calefacción más utilizados son unidades individuales con quemadores de gas que calientan el aire por intercambio de calor directo con la habitación a través de una

¹ Valores obtenidos el día 8 de agosto de 2023. 1 peso argentino (\$) = USD 294

lámina metálica. La instalación es sencilla y barata ya que sólo requiere una salida horizontal de los humos. Se venden en tres tamaños principales, pequeño de 2-3 kW, mediano de 3-4,5 kW y grande de 4,5-6 kW (Cardoso & González, 2019; Juanicó & González, 2008). En el caso de las viviendas de estudio, el sistema de calefacción consiste en unidades individuales de estufas con tiro balanceado previamente mencionadas.

Tabla 6 Consumo de gas propano expresado en kg y en kWh/m². Caso de estudio.

Consumo de gas propano							
Area	Verano		Invierno		Anual		
m ²	kWh/m ²	kg	kWh/m ²	kg	kWh/m ²	kg	
V1	43,6	290,2	945	422,2	1.375	712,4	2.320
V2	83,6	280,0	1.750	360,3	2.250	640,3	4.000

1kg de gas propano = 13,39 kWh

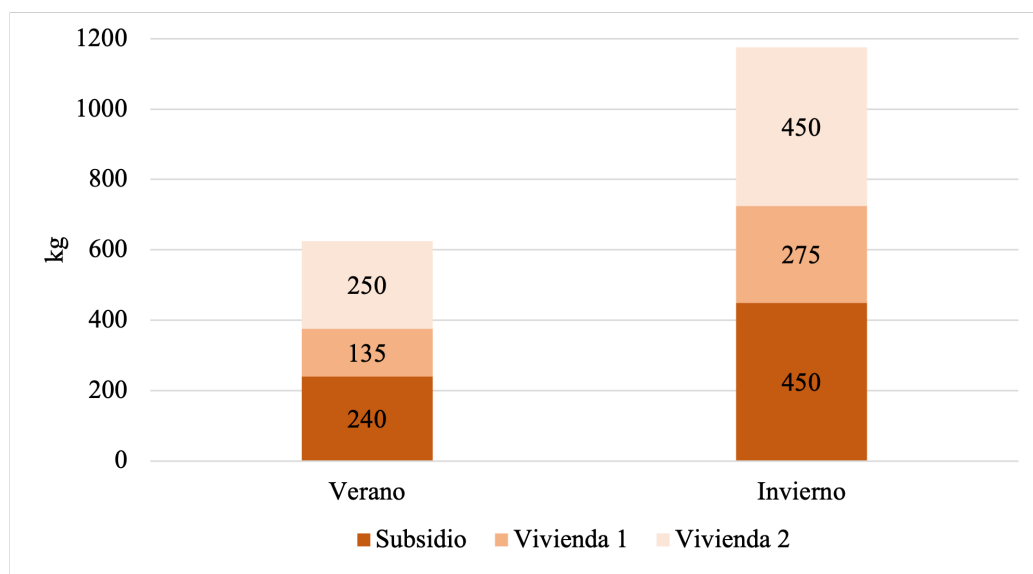


Figura 5 Consumo mensual de gas propano en el periodo de verano y de invierno.

La vivienda 1 consume 135 kg por mes durante el periodo de verano y 275 kg por mes durante el periodo de invierno. La vivienda 2 consume 250 kg por mes durante el periodo de verano y 450 kg por mes durante el periodo de invierno.

Tabla 7 Inversión económica por hogar expresada en moneda nacional (peso argentino) y moneda extranjera (USD).

Inversión económica por hogar				
	Area (m ²)	Verano	Invierno	Anual
V1	43,6	USD 6,3 \$ 1890	USD 9 \$ 2700	USD 15,3 \$ 4590
V2	83,6	USD 10,0 \$ 3360	USD 12 \$ 4000	USD 22 \$ 7360

Según se expresan los valores reflejados en la Tabla 7, la inversión monetaria realizada para un consumo de 712kWh/m² (V1) y 640,3 kWh/m² anual (V2) es muy bajo considerando el contexto climático en el que se sitúan las viviendas. En este caso, ninguna de las viviendas se excede de la cantidad de kg mensuales

por tanto se subsidia el 100% de los kilos consumidos en un 99,5%. Por otro lado, considerando la diferencia en m² entre una vivienda y la otra, los valores monetarios invertidos y el consumo anual no es tan dispar entre ellas dado que la composición material es prácticamente igual.

CONCLUSIONES

Aplicar metodologías existentes para conocer el comportamiento térmico y energético de viviendas vulnerables energéticamente en contextos climáticos extremos del sur global representa un aporte interesante considerando el contexto de cambio climático y agotamiento de combustibles fósiles.

Según el análisis realizado, se puede concluir que el consumo energético es muy elevado debido a la falta de resistencia térmica de las envolventes. Por otro lado, como se expresa en las encuestas no se alcanza el confort térmico a pesar de consumir esa cantidad de energía. Según la entrevista realizada a los hogares, estos desarrollan estrategias para el uso de la calefacción con el objetivo de no excederse de la cantidad de kg de gas subsidiado. La posibilidad de mantener la vivienda en confort por largos periodos se ve incapacitada debido a la calidad de las envolventes.

El estado asume mediante los subsidios el riesgo de los hogares en caer en pobreza energética severa. Aun siendo una medida imprescindible para el cuidado de las familias, puede resultar insostenible a largo plazo. Si bien no ha sido posible establecer el porcentaje que representa el gasto en energía en la renta anual de los hogares, este dato tampoco sería significativo ya que el 99,5 % del valor final consumido lo asume el estado. Otro aspecto interesante sería la evaluación económica de lo que pudiera representar destinar presupuesto en la mejora de la transmitancia térmica de las viviendas subsidiadas con el objetivo de reducir la demanda energética.

El presente estudio concluye que la necesidad de desarrollar políticas para la rehabilitación integral de edificios en climas extremos fríos se hace cada vez más evidente en el contexto energético actual. Sea cual sea la gestión de la energía, toda actuación será de carácter preventivo considerando un futuro en el que el abastecimiento de energías no renovables en contextos alejados sea difícil de sostener.

En casos de estudio de estas características se debe considerar el clima de la zona, el comportamiento térmico de las envolventes y las subvenciones sobre la energía ya que son estas las que penalizan la demanda energética y no propician la intervención sobre las envolventes con el objetivo de mejorar su eficiencia.

AGRADECIMIENTOS

A las familias que han abierto las puertas de sus hogares y han aportado información valiosa para que el presente estudio se pudiera desarrollar.

REFERENCIAS

- Cardoso, M. B., & González, A. D. (2019). Residential energy transition and thermal efficiency in an arid environment of northeast Patagonia, Argentina. *Energy for Sustainable Development*, 50, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.03.007>
- de Frutos, F., Cuervo-Vilches, T., Alonso, C., Martín-Consuegra, F., Frutos, B., Oteiza, I., & Navas-Martín, M. Á. (2021). Indoor Environmental Quality and Consumption Patterns before and during the COVID-19 Lockdown in Twelve Social Dwellings in Madrid, Spain. *Sustainability*, 13(14), 7700. <https://doi.org/10.3390/su13147700>

- Domínguez-Amarillo, S., Fernández-Agüera, J., Sendra, J., & Roaf, S. (2018). Rethinking User Behaviour Comfort Patterns in the South of Spain—What Users Really Do. *Sustainability*, 10(12), 4448. <https://doi.org/10.3390/su10124448>
- Ebrahimigharehbaghi, S., Qian, Q. K., de Vries, G., & Visscher, H. J. (2022). Municipal governance and energy retrofitting of owner-occupied homes in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 274, 112423. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112423>
- Ente regulador del gas. (2018). *Informe ENARGAS 2018*. Ente Nacional Regulador del Gas.
- Filippín, C., & Larsen, S. (2012). Historical Consumption of Heating Natural Gas and Thermal Monitoring of a Multifamily High-Rise Building in a Temperate/Cold Climate in Argentina. *Buildings*, 2(4), 477–496. <https://doi.org/10.3390/buildings2040477>
- Gayoso Heredia, M., Sánchez, C. S.-G., Peiró, M. N., Fernández, A. S., López-Bueno, J. A., & Muñoz, G. G. (2022). Mainstreaming a gender perspective into the study of energy poverty in the city of Madrid. *Energy for Sustainable Development*, 70, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.08.007>
- González, A. (2014). *Casas confortables con mínimo uso de energía* (El autor, Ed.).
- González, A. D., Carlsson-Kanyama, A., Crivelli, E. S., & Gortari, S. (2007). Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region. *Energy Policy*, 35(4), 2141–2150. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.07.004>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). *IRAM 11603:2012 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2019). *IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética* (Modificación N° 1 a la norma IRAM 11900:2017). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- Instituto Eduardo Torroja. (2011). Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. *Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas*, 3, v2.1.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). *Indicadores de condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos.: Vol. 3 number 7*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022: Resultados provisionales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, INDEC.
- Juanicó, L. E., & González, A. D. (2008). Savings on natural gas consumption by doubling thermal efficiencies of balanced-flue space heaters. *Energy and Buildings*, 40(8), 1479–1486. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.002>
- Martín-Consuegra, F., Osorio, R., de Frutos, F., Guerra, L., Alonso, C., Garzón, O. P., Oteiza, I., Duquino, L. G., Escorcía, O., & Frutos, B. (2021). *Analysis of comfort and indoor air quality, in social housing built during different periods (1918-2018) in Bogotá (Colombia)*.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1633–1644. <https://doi.org/10.1002/ppp.421>
- Wang, L., Wang, Y., Fei, F., Yao, W., & Sun, L. (2023). Study on winter thermal environment characteristics and thermal comfort of university classrooms in cold regions of China. *Energy and Buildings*, 291, 113126. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113126>

ENERGY VULNERABLE DWELLINGS. CASE STUDY IN USHUAIA, PATAGONIA, ARGENTINA.

ABSTRACT This paper describes the assessment of the thermal and energy performance of two dwellings located in Ushuaia, Patagonia, Argentina. These dwellings were built with an inefficient thermal envelope. The evaluation includes a household survey, addressing technical aspects and perceptions of comfort. In addition, energy consumption has been quantified and the monetary values associated with it have been assessed in terms of the investment involved for the households. Gas consumption, covering heating, domestic hot water, and cooking, is estimated to be between 640 and 715 kWh/m² per year. Even though 99.5% of this consumption is subsidized by the state, residences still struggle to maintain thermal comfort throughout the year. Consequently, dwellings need energy management strategies, although these strategies expose households to compromised thermal comfort and increased vulnerability.

Keywords: Energy consumption. Energy vulnerability. Thermal comfort. Thermal transmittance.