

03

Preferencias y adaptaciones térmicas de
habitantes de viviendas de producción estatal
del clima cálido-húmedo del nordeste argentino

HÁBITAT RESIDENCIAL CONFORT ADAPTATIVO ENCUESTAS

ESP Sobre un universo de veintidós prototipos de viviendas individuales producidas por operadoras oficiales, desde el año 2004, en las principales ciudades del Nordeste Argentino, se definió una muestra de cinco casos de viviendas que representan a los grupos tipológicos principales. Se realizaron cien encuestas a habitantes de viviendas de dichos grupos y se indagó en sus sensaciones, preferencias y actividades cotidianas en las viviendas. Se identificaron variables como: modos de uso (tiempo diario de apertura de puertas y ventanas y tiempo de cierre con uso de climatización artificial; estrategias para acondicionar los ambientes, según el período climático); percepciones de sensación térmica durante el momento de la encuesta y durante los períodos climáticos cálidos y fríos en general, entre otras. Se establecieron correlaciones entre algunas variables. Prevalece un criterio inapropiado de apertura de vanos en épocas cálidas. El uso de la refrigeración para la totalidad de la vivienda no fue detectado: solo se registró en los dormitorios. Se compararon las respuestas de sensación térmica de los encuestados en sus viviendas con las respuestas previstas, tanto según la aplicación del *modelo de confort adaptativo* como conforme a los límites del *modelo de constancia*. Las respuestas indican un rango muy ampliado de adaptación a las condiciones cálidas.

ENG **Preferences and thermal adaptations of inhabitants of state production houses of the hot and humid climate of argentinian northeast**

On a universe of twenty-one prototypes of individual houses produced by the government, since 2004, in the main cities of the Argentine Northeast, a sample of five cases of houses was defined, representing the main typological groups. One hundred surveys were carried out on the inhabitants of the houses of these groups, inquiring into their preferences, feelings and daily activities in their houses. Variables were identified as: modes of operation (doors and windows daily opening time, and closing time with use of air conditioning; strategies to conditioning the rooms, according to the climatic period); perceptions of thermal sensation during the time of the survey and during general hot and cold climatic periods, among others. Correlations between some variables were established. Inappropriate criteria for opening doors and windows prevail in hot periods. The use of refrigeration for the entire house was not detected: it was only registered in the bedrooms. The responses of thermal sensation of the respondents in their homes were compared with the expected responses, both according to the application of the *adaptive comfort model*, and according to the limits of the *constancy model*. The responses indicate a very wide range of adaptation to warm conditions.



Autores

Dra. Arq. Herminia María Alías

Mg. Arq. Guillermo José Jacobo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste
Argentina

Palabras clave

Hábitat residencial
Confort adaptativo
Encuestas

Key words

Residential habitat
Adaptive comfort
Surveys

Artículo recibido | Artigo recebido:

31 / 03 / 2021

Artículo aceptado | Artigo aceito:

20 / 05 / 2021

EMAIL: heralias2001@yahoo.com.ar

gjjacobo@arq.unne.edu.ar

El presente trabajo expone algunos resultados de la tesis doctoral de la Arq. Herminia Alías (dirigida por el Arq. Guillermo Jacobo), desarrollada en el marco del Doctorado en Arquitectura de la Facultad de Arquitectura. Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional del Litoral (FADU–UNL), titulada «Eficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal del nordeste argentino: modelo metodológico para su evaluación integral y calificación en el clima muy cálido–húmedo». Año 2020.

ARQUISUR REVISTA

AÑO 11 // N° 19 // JUN 2021–NOV 2021 // PÁG. 52–67

ISSN IMPRESO 1853-2365

ISSN DIGITAL 2250-4206

DOI <https://doi.org/10.14409/ar.v11i19.10180>



INTRODUCCIÓN

En Argentina, desde hace dos décadas, un tercio de la energía se destina al sector residencial (Ministerio de Hacienda, 2018). En el nordeste argentino (NEA), que en buena parte se inscribe en la zona de clima muy cálido (IRAM, 2012) e incluye a las provincias de Chaco, Corrientes, Misiones y Formosa, la electricidad constituye el tipo de energía casi excluyente¹ utilizado por las viviendas, siendo la refrigeración el rubro más significativo (50 a 60 % del consumo total). La demanda de energía promedio en las principales ciudades del NEA tiene un crecimiento sostenido en las tres últimas décadas, acentuada en los días de registros meteorológicos extremos (temperaturas máximas superiores a 34 °C y temperaturas de diseño máximas de 40 °C, con valores máximos de irradiación solar global diaria de hasta 10 kWh/m²). El sistema eléctrico con frecuencia no tiene capacidad para satisfacer la demanda intensiva de electricidad para climatización, que ha aumentado de manera exponencial.

En este contexto, el sector residencial de producción estatal, que representa aproximadamente el 35 % del parque residencial de las principales ciudades del NEA, consiste principalmente en viviendas individuales en baja densidad, que se materializaron con características técnico-constructivas, morfológicas y funcionales similares a las de las ejecutadas en el resto del país, pese a la diversidad geográfica, climática y sociocultural (Garganta & San Juan, 2012). Esto determina altos costos económicos para lograr su habitabilidad (por ejemplo, para acondicionamiento ambiental térmico), o bien condiciones de vida deficientes cuando el habitante no cuenta con recursos para el acondicionamiento electromecánico.

Por otro lado, las evaluaciones térmicas y energéticas de edificios en general y de viviendas en particular no toman en cuenta suficientemente la incidencia del habitante, sino que lo consideran como un elemento constante, homogéneo en cuanto a sus usos y costumbres. Pero la consideración del habitante en su dimensión humana supone una afectación a la mayoría de los puntos de discusión sobre la evaluación térmico-energética. Cuando las viviendas diseñadas y producidas por operatorias oficiales son habitadas, la variedad de costumbres de sus habitantes puede causar situaciones imprevistas desde el punto de vista térmico y energético.

Estas viviendas deberían poder generar condiciones ambientales aceptables el mayor tiempo posible a partir de su diseño arquitectónico (Sulaiman, Blasco Lucas & Filippín, 2009), que puede ajustarse, en mayor o menor medida, a las necesidades y costumbres de los habitantes. Pero las preferencias y el accionar de estos (condicionados por factores socioeconómicos y culturales) quedan fuera del control y del diseño arquitectónico, lo cual determina que el funcionamiento de la vivienda dependa en gran medida del comportamiento humano (Re & Blasco Lucas, 2010). Más allá de ciertas cualidades básicas de la vivienda, su desempeño y consumo energético depende más de cómo ella se opera (Szokolay & Tenorio, 2002).

Muchos elementos influyen en el juicio, preferencias y comportamiento de los habitantes de una vivienda, y eso obedece a factores socioculturales y psicológicos. Así, cualquier evaluación se beneficiaría de integrar otras instancias de generación de datos, abarcando factores que exceden lo físico/fisiológico y avanza más allá del confort térmico (entendido como neutralidad térmica) para considerar preferencias y sensaciones (Candido & de Dear, 2012) dependientes del estado de las personas.

Las acciones cotidianas de los habitantes de las viviendas en procura de lograr su comodidad se engloban en la denominación de «adaptaciones»: uso de equipos de climatización, apertura y/o cierre de puertas y ventanas, implementación de medidas constructivas temporarias o permanentes, etc. Ante la diversidad de tales acciones, y en el contexto de un trabajo mayor que tuvo el objetivo de definir algunos lineamientos de aproximación a un modelo de interpretación y evaluación de la eficiencia energética para climatización de viviendas producidas por operatorias oficiales en el NEA (Alías, 2020), en el presente artículo de investigación se presentan los resultados de la realización de una encuesta a habitantes de viviendas de producción estatal de las cuatro ciudades principales del NEA para detectar algunas variables relacionadas con aspectos subjetivos del confort, a la vez que para establecer algunos parámetros y correlaciones generales entre dichas variables, contrastándolas con resultados de monitoreos en viviendas-caso.

1. El gas natural no constituye una fuente energética de uso masivo para climatización en la región, que no cuenta en general con gasoductos ni tendidos de redes.

DESIGNAC.		PARCELAMIENTO			EDIFICACIÓN		
Prov	Nombre	Ancho Lote	Implantac.	niveles sup.	Plantas	Fachada	
U1 - RCIA. - CTES. - POSADAS - FORMOSA	PROMHI B 2D	8 m.	Apareada	1			
	45 m ²						
U2 - RCIA. - CTES. - FORMOSA	LP2 3D	10 m.	Entre medianeras	1			
	62 m ²						
U3 - RCIA. - CTES. - POSADAS - FORMOSA	PT 42	10 m.	Apareada	1			
	43 m ²						
U4 - RCIA.	MBI DX 2D	11,1 m.	Apareada	2			
	50 m ²						
U5 - CTES.	PT 60 universal	8-10m.	Apareada	1			
	62 m ²						

TABLA 01 | Viviendas-caso, representativas de los cinco grupos tipológicos identificados Fuente: Autor (2020).

METODOLOGÍA

Se analizó el parque residencial de producción estatal construido en el período 2004 – 2014 en las ciudades de Resistencia, Corrientes, Posadas y Formosa. El universo de análisis estuvo constituido por 21 prototipos de viviendas urbanas que se agruparon en cinco

casos tipológicos principales (que exponen las situaciones de diseño arquitectónico y urbano más habituales, según Tabla 1). Sobre las cinco viviendas-caso (y sus habitantes) se aplicaron las siguientes instancias metodológicas y procedimentales:

a) Encuestas: se realizaron 100 encuestas² entre quienes habitan viviendas de estos cinco casos, en las cuatro ciudades, para generar datos acerca de: cantidad de habitantes por vivienda, tiempo de permanencia simultánea de las personas, ampliaciones o adaptaciones constructivas y funcionales realizadas, tiempo diario de apertura de puertas y ventanas y tiempo de cierre con uso de climatización artificial, acciones para acondicionar térmicamente los ambientes según el período climático, percepciones de sensación térmica durante el momento de la encuesta y durante los períodos climáticos cálidos y fríos en general, entre otras. Luego se establecieron algunas correlaciones entre dichas variables. Las encuestas fueron analizadas por centro urbano, por época de realización (estival o invernal) y por tipo de vivienda. La selección de los encuestados fue aleatoria estratificada: la cantidad de encuestados en cada tipo de viviendas guardó relación, por un lado, con la representatividad de ese tipo de vivienda en el universo y, por el otro, con la cantidad de viviendas consideradas, de ese tipo, en cada ciudad.³ El 25% de las encuestas se efectuó en época fría (junio a agosto de 2016), mientras que el 75% se hizo en época cálida (noviembre de 2016 a febrero de 2017). La encuesta fue diseñada en un formulario con 29 preguntas cuyas respuestas fueron de selección múltiple. Solo dos preguntas fueron de respuesta abierta ya que se buscó la heterogeneidad de puntos de vista. Se incluyeron preguntas sobre las sensaciones térmicas de los encuestados en sus viviendas, tanto en las épocas cálidas y frías en general como en el momento mismo de la encuesta. En este sentido, Kuchen, Fisch & Gonzalo (2011) destacan la importancia de relevar el voto de sensación térmica y la necesidad de que cualquier medición esté acompañada de una encuesta simultánea. El formulario de la encuesta incluyó un apartado introductorio, de datos generales, que demandó una observación rápida y su correspondiente registro (por parte del encuestador) de condiciones de temperatura ambiente interior y humedad relativa del lugar donde se encuestaba (medidas mediante un termohigrómetro manual), así como de su situación en cuanto a apertura de puertas y ventanas y al tipo de ropa del encuestado (ligera, media o abrigada).

b) Monitoreos: en dos de las viviendas (caso U1 y caso U2, según Tabla 1) se realizaron monitoreos de temperaturas y humedades (algunas características climáticas de los períodos monitoreados se exponen en Tabla 2) durante dos períodos cálidos (de diez días cada uno) y dos períodos fríos (de diez días cada uno), y monitoreos ocupacionales (de actividades realizadas en forma horaria por los habitantes en cada local durante los mismos períodos de monitoreos higrotérmicos). Los monitoreos ocupacionales aportaron a la definición de un marco general interpretativo respecto de rasgos de algunas actividades cotidianas de los habitantes dentro de su casa y su incidencia en el desempeño térmico de la misma. Los datos surgidos de los monitoreos ocupacionales de cada local se superpusieron a los datos aportados por los monitoreos higrotérmicos en dicho local, lo cual contribuyó a una interpretación bidireccional: de las evoluciones higrotérmicas en función las actividades que las personas realizaban y, a su vez, de las actividades que llevaban a cabo en función de las condiciones higrotérmicas del momento.

c) Definición de indicadores: los monitoreos higrotérmicos, combinados con el aporte de los monitoreos ocupacionales, aportaron a la definición de indicadores para la comparación del desempeño energético entre locales y viviendas. Se definieron tres grupos de indicadores de cada local (de cada una de las dos viviendas monitoreadas): indicadores dimensionales-morfológicos (condiciones derivadas de las características geométricas y constructivas de la vivienda y sus envolventes: factor de vidriado en muros, factor de Forma, factor de Área Envolvente/Piso; transmitancia térmica media ponderada); indicadores higrotérmicos (condiciones de temperatura y humedad del ambiente interior en relación a dichas condiciones en el exterior y en relación a las condiciones tolerables por las personas: desconfort por calentamiento y por enfriamiento, índice de bienestar higrotérmico); e indicadores de uso (determinados en función de los monitoreos higrotérmicos combinados con los monitoreos ocupacionales: índice de permanencia, índice de uso de aire acondicionado, índice de local abierto, patrón horario estival (e invernal) de local abierto, índice de uso de ventilación forzada, índice de

2. Tamaño de muestra para un nivel de confianza de 95% (con margen de error de 10%), para una población de aproximadamente 4300 viviendas consideradas dentro del universo.
3. Grupo 1 (tipo PROMHIB): representa el 54% de viviendas analizadas en el Universo (54 encuestas: se hicieron 12 en Resistencia; 13 en Corrientes y 29 en Posadas). Grupo 2 (tipo LP2 3D): representa el 16% de viviendas analizadas (16 encuestas: se hicieron 5 en Resistencia; 5 en Corrientes y 6 en Formosa). Grupo 3 (tipo PT 42): 24% de viviendas analizadas (24 encuestas: se hicieron 7 en Resistencia; 7 en Corrientes y 10 en Formosa). Grupo 4 (tipo MBI Dx 2D): representa el 1% de viviendas analizadas (se hicieron 2 encuestas en Resistencia). Grupo 5 (tipo PT 60): representa el 5% de viviendas analizadas (se hicieron 4 encuestas en Corrientes).

TEMPERATURAS MEDIAS INTERIORES, EXTERIORES, DE NEUTRALIDAD Y LÍMITES (SUPERIORES E INFERIORES) DE BIENESTAR DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LOS PERÍODOS MONITOREADOS

MONITOREOS	AÑO 2016			AÑO 2017		
	Junio	Julio	Agosto	Enero	Febrero	Marzo
Vivienda CASO 1 (PROMHIB 2D)- Resistencia		10 al 20	02 al 11	14 al 23	05 al 14	
Temp. media mensual exterior (T _{mex}) (°C)		18,5	14,6	28,4	29,1	
Temp. de neutralidad (T _n) (°C) T _n = 17,6 + 0,31 x T _{mex} (Auliciems)		23,3	22,1	26,4	26,6	
Límite inferior de confort de invierno (°C) = T _n - 2,5 K		20,8	19,6	---	---	
Límite superior de confort de verano (°C) = T _n + 2,5 K		---	---	28,9	29,1	
Temp. media interior período monitoreo (°C)		19,1	17,6	28,0	29,6	
HR media exterior (%) período monitoreo		72,1	64,9	66,1	57,1	
HR media interior (%) período monitoreo		73,5	63,2	70,9	54,8	
Vivienda CASO 2 (LP2 3D) Corrientes		25 al 05		14 al 23	23 al 04	27 al 10
Temp. media mensual exterior (T _{mex}) (°C)		16,9		15,8	29,4	28,6
Temp. de neutralidad (T _n) (°C) T _n = 17,6 + 0,31 x T _{mex} (Auliciems)		22,8		22,5	26,7	26,5
Límite inferior de confort de invierno (°C) = T _n - 2,5 K		20,3		20,0	---	---
Límite superior de confort de verano (°C) = T _n + 2,5 K		---		---	29,2	29
Temp. media interior período monitoreo (°C)		19,2		18,7	29,8	29,5
HR media exterior (%) período monitoreo		78,9		66,8	66,0	58,6
HR media interior (%) período monitoreo		77,4		67,2	61,6	53,8

TABLA 02 | Parámetros higrotérmicos interiores y exteriores determinados durante los períodos de monitoreo. Fuente: elaboración de los autores.

tiempo de cocción de alimentos). Algunos de dichos indicadores son de uso habitual en los estudios de eficiencia energética edilicia. Otros, como los indicadores de uso, constituyen un aporte original de este trabajo.

d) Análisis de indicadores y correlación con encuestas: se compararon los valores de los indicadores dimensionales, higrotérmicos y de uso de los locales de las dos viviendas-caso monitoreadas. Así quedó delineado un diagnóstico general: los indicadores no arrojaron diferencias significativas por centro urbano ni por tipos de vivienda. Las diferencias tuvieron lugar por período climático y por modalidad de uso (tiempo de

local abierto y tiempo cerrado —con climatización electromecánica—). Se integraron los datos aportados por los indicadores, correlacionados entre sí, con los datos cuali-cuantitativos surgidos del análisis de las encuestas, para cruzar la información y ampliar la interpretación. Los indicadores ratificaron y validaron los datos de las encuestas. Se caracterizaron las siguientes situaciones de uso: 1) en cuanto al patrón de ventilación natural, en épocas cálidas prevalece un criterio inapropiado de apertura de vanos, si de refrescar la vivienda se trata, mientras que en épocas frías prevalece un criterio apropiado de apertura, si de calentar la vivienda

se trata; 2) el uso del aire acondicionado para refrigerar la totalidad de la vivienda no fue detectado y la prioridad para la instalación de los equipos de acondicionamiento la tienen los dormitorios; 3) a mayor cantidad de horas de funcionamiento del aire acondicionado (con el local climatizado cerrado al exterior), menor satisfacción térmica general expresaron los encuestados en horarios sin su uso; 4) los encuestados perciben que sus casas están en mejores condiciones térmicas en invierno que en verano, pese a la importante aclimatación detectada en épocas cálidas.

Estrategias para el bienestar

Las estrategias teóricas de diseño y de uso para mantener las viviendas confortables, en cada período climático en las ciudades analizadas, comprenden: en época cálida, ventilación natural según necesidad y enfriamiento evaporativo (evapotranspiración); y en época fría, ventilación natural, además de ganancias internas y ganancia solar pasiva (ello según el modelo adaptativo de confort); mientras que en época cálida contemplan el sombreado de ventanas, deshumidificación y aire acondicionado, y en época fría la protección contra el viento en espacios exteriores, calefacción y eventualmente ganancia solar activa (según el modelo de constancia).

Las estrategias de uso implementadas efectivamente por los habitantes para mantener las viviendas confortables, en cada período climático en las ciudades analizadas, surgieron de las encuestas (Tabla 3) validadas por los monitoreos, que proporcionaron algunos parámetros para caracterizar sus comportamientos y preferencias. Se advierte un «uso mixto» de las viviendas: abiertas o cerradas (con climatización) según la hora del día y el local de que se trate, lo que involucra una combinación de estrategias de ambos modelos de confort.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados de las encuestas, ratificados por los indicadores surgidos de los monitoreos, se caracterizaron algunas modalidades respecto del uso que los habitantes de las viviendas imponen. Las viviendas funcionan de dos maneras diferentes, según el momento del día (y la situación climática) y según la zona o local que se considere: en «modo abierto» y en «modo cerrado», este último generalmente acompañado del uso de equipos de aire acondicionado si de épocas cálidas se trata. Una zona puede funcionar en modo abierto mientras otra funciona cerrada, en simultáneo. Se determinó el tiempo promedio en que dichas viviendas se usan en las distintas modalidades en función de su apertura al exterior, caracterizándose modalidades según predominara el uso abiertas o cerradas.

Sensaciones y adaptaciones térmicas

Entre otras cuestiones, los resultados de las encuestas permitieron correlacionar datos de sensaciones térmicas de los habitantes frente a las temperaturas ambiente y humedades de los períodos cálidos y fríos en general, así como frente a las registradas en el momento de la encuesta. Ello permitió identificar temperaturas de uso y preferencias de confort que pueden incidir en las pautas de gestión de los habitantes y determinar las estrategias que aplican ante dichas sensaciones térmicas.

Las condiciones de temperatura y humedad relativa (HR) interiores promedio medidas durante la realización de las encuestas se exponen en la Figura 1. Si se considera el modelo de confort adaptativo en lo que respecta a la temperatura (Tabla 4), dichas condiciones se encontrarían fuera de los límites superiores de verano e inferiores de invierno: 5°C aproximadamente por encima de los límites de verano y 4°C aproximadamente por debajo de los límites de invierno (para cualquiera de las ciudades consideradas). En cuanto a la HR promedio, las condiciones registradas durante las encuestas la sitúan, en los períodos fríos, en 12 puntos por encima del límite superior del rango considerado aceptable según normas (30 a 60%), y en los períodos cálidos en condiciones aceptables (si se considera un rango admisible entre 50 y 80%).

ALGUNAS ESTRATEGIAS / ADAPTACIONES / COMPORTAMIENTOS					
En épocas cálidas			En épocas frías		
Cantidad de encuestas realizadas en época cálida	75 (73 c/puertas o ventanas abiertas durante la encuesta)		Cantidad de encuestas realizadas en época fría	25 (12 c/puertas o ventanas abiertas durante la encuesta)	
Tema indagado	Respuestas	Cant.	Tema indagado	Respuestas	Cant.
<i>Medidas o acciones implementadas para refrescar la vivienda</i>	Cierre viv. (o ciertos locales) p/ encendido AA (aire acond.)	74	<i>Medidas o acciones implementadas para calentar la vivienda</i>	Cierre viv. (o ciertos locales) p/ encendido CC (calefactor)	7
	Apertura ventanas	74		Cierre ventanas y puertas	74
	Apertura ventanas y puertas simult.	17		Apertura ventanas y puertas en hs sol	70
	Cierre cortinas int	52		-----	-----
	Sombreado ext.	6		-----	-----
	Cierre postigos ext. de ventanas	4		-----	-----
	Riego pisos ext.	3		-----	-----
	Uso ventiladores	93		-----	-----
<i>Criterios de ventilación natural en épocas cálidas</i>	Apertura ventanas y/o puertas	8,3hs. prom. / día	<i>Criterios de ventilación natural en épocas frías</i>	Apertura ventanas y/o puertas	3,8hs. prom. / día
<i>Apropiado</i>	Apertura en horas de mín. temp. ext.	0,9hs. prom. / día	<i>Apropiado, sobre todo en estar-cocina (mediodía-siesta)</i>	Apertura en horas de máx. temp. ext.	3,6hs. prom. / día
<i>Inapropiado, sobre todo en estar-cocina (mediodía-siesta)</i>	Apertura en horas de máx. temp. ext.	7,4hs. prom. / día	<i>Inapropiado</i>	Apertura en horas de mín. temp. ext.	0,2hs. prom. / día
<i>Disponibilidad y lugares de uso de AA (predominio equipos tipo "ventana", luego tipo "split". 1 caso tipo portátil)</i>	No tiene AA	17	<i>Disponibilidad y lugares de uso de CC (predominio equipos portátiles tipo estufa, caloventor o radiador)</i>	No tiene CC	87
	Tiene AA	83		Tiene CC	13
	AA en 1 dorm.	80		CC en 1 dorm.	9
	AA en 2 dorm.	52		CC en 2 dorm.	6
	AA en 3 dorm.	7		CC en 3 dorm.	3
	AA en cocina	0		CC en cocina	0
<i>Tiempo promedio de uso de los AA</i>	descanso nocturno y siesta	9 hs. prom. / día	<i>Tiempo promedio de uso de los CC</i>	descanso nocturno	6,9hs. prom. / día
<i>Regulación de los AA (83 casos que lo tienen)</i>	Más de 25°C	55	-----	-----	
	Entre 21 y 24°C	27	-----	-----	
<i>Disponibilidad y lugares de uso de ventiladores (predominio equipos de techo)</i>	No tiene vent.	8	-----	-----	-----
	Tiene vent.	92			
	Vent. en 1 dorm.	22			
	Vent. en 2 dorm.	50			
	Vent. en 3 dorm.	31			
	Vent. en cocina	70			
	Vent. otro local (comercio, etc.)	11			
<i>Tiempo promedio de uso de los ventiladores</i>		9,1hs. prom. / día	-----	-----	-----

TABLA 03 | Estrategias aplicadas por los encuestados para lograr el bienestar en sus viviendas Fuente: elaboración de los autores.

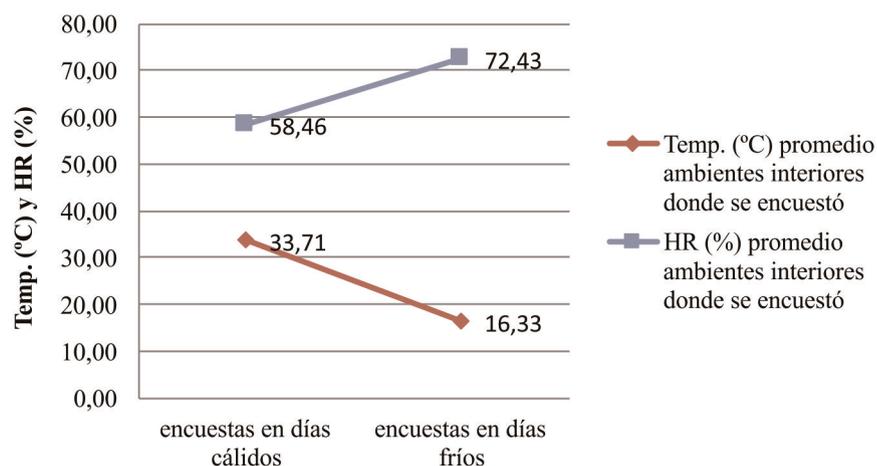


FIGURA 01 | Condiciones de temperatura y HR promedio de los ambientes interiores en los que se encuestó. Fuente: Autor (2020).

Temperaturas - límites aproximadas para el confort en zona "Ib", según el MODELO DE CONFORT ADAPTATIVO		Promedios estadísticos centros urbanos analizados	Rangos ampliados según respuestas de sensación térmica
Época cálida temp. promedio interior registrada: 33,7 °C 58,5%HR promedio	Temp. media mensual exterior (Tmex) (°C)	26,5	----
	Temp. de neutralidad (Tn) (°C) $Tn = 17,6 + 0,31 \times Tmex$ (Auliciems, 1981)	25,8	VIV. NEUTRAL (34,6% de encuestados): 32 a 34,6 °C Media: 33 °C HR media: 60,7%
	Límite superior de confort de verano (°C) = $Tn + 2,5 K$ (Auliciems, 1981)	28,3	VIV. CALUROSA (62,6% de encuestados): 32 a 35,1 °C Media: 34 °C HR media: 57,2% VIV. DEMASIADO CALUROSA (2,6% de encuestados): 34 a 35 °C Media: 34,5 °C HR media: 61,5%
Época fría temp. promedio interior registrada: 16,3 °C 72,4%HR promedio	Temp. media mensual exterior (Tmex) (°C)	19,93	----
	Temp. de neutralidad (Tn) (°C) $Tn = 17,6 + 0,31 \times Tmex$	23,2	VIV. NEUTRAL (48% de encuestados): 14,3 a 18,5 °C Media: 16,8 °C HR media: 71,2%
	Límite inferior de confort de invierno (°C) = $Tn - 2,5 K$ (Auliciems, 1981)	20,7	VIV. FRÍA (52% de encuestados): 13 a 18 °C Media: 15,5 °C HR media: 75,2%

TABLA 04 | Temperaturas promedio aproximadas para el confort adaptativo contrastadas con los rangos ampliados según las encuestas. Fuente: elaboración de los autores.

Período	Escala subjetiva de confort térmico	Sensaciones a las que responde
Época cálida	Demasiado calurosa	sensaciones de calor agobiantes e insoportables
	Calurosa	sensaciones de calor importantes, pero tolerables
	Neutral (ni calurosa ni fresca)	sensaciones de bienestar o comodidad
	Fresca	sensaciones de fresco leve
Época fría	Demasiado fría	sensaciones de frío agobiantes e insoportables
	Fría	sensaciones de frío importantes, pero tolerables
	Neutral (ni calurosa ni fresca)	sensaciones de bienestar o comodidad
	Cálida	sensaciones de calor leve

TABLA 05 | Escalas subjetivas de confort térmico planteadas en la encuesta. Fuente: elaboración de los autores.

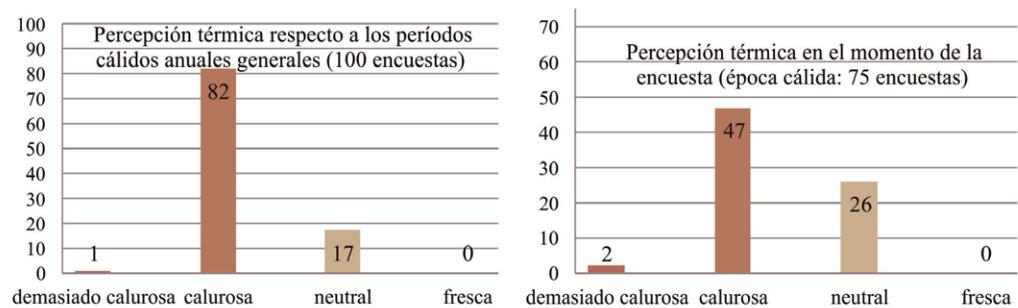


FIGURA 02 | Respuestas de sensación térmica en la vivienda. Izquierda: percepción de los 100 encuestados respecto a los períodos cálidos anuales generales. Derecha: percepción de los 75 encuestados durante las encuestas en época cálida. Fuente: elaboración de los autores.

Para indagar en las sensaciones térmicas que tienen los habitantes dentro de sus viviendas y contrastarlas con las condiciones higrotérmicas interiores efectivamente registradas, dos preguntas de la encuesta se refirieron a ellas y plantearon una «escala de confort térmico», de tipo semántica, especificada en la Tabla 5. Cada una de estas preguntas (la referida a épocas cálidas y la referida a épocas frías) se subdividió en dos partes: la primera parte se refirió a la sensación térmica del encuestado en su vivienda durante épocas cálidas (y frías) en general, en tanto que la segunda parte hizo alusión a su sensación térmica en el momento mismo y en el lugar en que se realizaba la encuesta.

Se compararon las respuestas de sensación térmica de las personas en el ambiente interior en el que se encuestaba con las respuestas «previstas» según el mo-

delo de confort adaptativo (que establece las temperaturas de «neutralidad» y «límites» en función de la temperatura media exterior del sitio donde se implanta la vivienda —Tabla 4—), y también de acuerdo con los límites del modelo de constancia (franja de confort universal, con límite superior estival de 27°C y límite inferior invernal de 22,5°C). De estas comparaciones surgieron las consideraciones que se exponen a continuación.

Percepción de confort en épocas cálidas

De la escala de percepción subjetiva de confort en la vivienda en los períodos cálidos anuales generales, un 82% de los 100 encuestados la percibió «calurosa», mientras que un 1% la percibió «demasiado calurosa»; y un 17%, «neutral» (Figura 2, izquierda). En cambio,

de la percepción en el momento de las encuestas de épocas cálidas, se obtuvo que un 62,7% de los 75 encuestados dijo sentir su casa «calurosa», mientras que un 34,7% la sintió «neutral» y un 2,6% dijo sentirla «demasiado calurosa» (Figura 2, derecha).

La temperatura de neutralidad (T_n) promedio según el modelo de confort adaptativo (Tabla 4) en las ciudades consideradas sería de 25,8°C aproximadamente, con un límite superior de 28,3°C. Las respuestas de sensación térmica (Figura 3) de las personas encuestadas en época cálida indicaron sensaciones de:

- Vivienda demasiado calurosa (2,6% de los 75 encuestados): en un rango térmico entre 34 y 35°C (media: 34,5°C), con una HR entre 58 y 65% (media: 61,5%).
- Vivienda calurosa (62,7% de los 75 encuestados): en un rango térmico entre 32 y 35,1°C (media: 34°C), con una HR entre 44 y 75% (media: 57,2%).
- Vivienda neutral (34,7% de los 75 encuestados): en un rango térmico entre 32 y 34,6°C (media: 33°C), con una HR entre 50 y 76% (media: 60,7%).

Con respecto a la HR del aire, se la consideró en función de la temperatura registrada para cada rango de respuestas de sensación térmica obtenido. Con relación al rango de confort de HR del modelo de constancia (50–80% en época cálida y 30–60% en época fría), estas condiciones se vieron cumplidas en época cálida: durante las encuestas se registró que las personas estuvieron expuestas a humedades de entre 44% y 76% y expresaron sensaciones de vivienda neutral dentro del rango entre 50% y 76% (Figura 3). En época fría no se verificó el rango teórico de HR de confort: los encuestados estuvieron expuestos a HR de entre 68% y 82% y manifestaron sensaciones de vivienda neutral dentro del rango de 68% a 80% (Figura 5).

Los resultados indicarían un rango muy ampliado de adaptación a las condiciones cálidas, ya que los límites (y las medias de 34 y 34,5°C) en que los encuestados expresaron sensaciones de «demasiado calurosa» y «calurosa» resultaron 6°C mayores al límite superior del modelo adaptativo (28,3°C); en tanto que los rangos (y la media de 33°C) en que expresaron sensaciones de «neutralidad» resultaron 7°C mayores a la temperatura de neutralidad media de dicho modelo (25,8°C).

Percepción de confort en épocas frías

De la escala de percepción subjetiva de confort en la vivienda en los períodos fríos anuales generales, un 82% de los 100 encuestados la percibió «neutral», mientras que un 18% la percibió «fría» (Figura 4, izquierda). En cambio, de la percepción durante el momento de las encuestas de épocas frías, se obtuvo que un 52% de los 25 encuestados dijo sentir su casa «fría», mientras que un 48% la sintió «neutral» (Figura 4, derecha).

La temperatura de neutralidad (T_n) promedio según el modelo de confort adaptativo (Tabla 4) en los centros urbanos considerados sería de 23,2°C aproximadamente, con un límite inferior de 20,7°C. Las respuestas de sensación térmica (Figura 5) de los encuestados en época fría indicaron sensaciones de:

- Vivienda neutral (48% de los 25 encuestados): en un rango térmico entre 14,3 y 18,5°C (media: 16,8°C), con una HR entre 68 y 80% (media: 71,2%).
- Vivienda fría (52% de los 25 encuestados): en un rango térmico entre 13 y 18°C (media: 15,5°C), con una HR entre 68 y 82% (media: 75,2%).

Estas respuestas indicarían una adaptación importante a las condiciones invernales, ya que los rangos (y la media de 16,8°C) en que se manifestaron sensaciones de «neutralidad» resultaron 6°C menores a la temperatura de neutralidad del modelo adaptativo (23,2°C); en tanto que los rangos (y la media de 15,5°C) en que se expresaron sensaciones de «frío» resultaron 5°C menores al límite inferior según dicho modelo (20,7°C).

Acerca de la experiencia perceptiva térmica que se tiene en las viviendas en épocas cálidas y frías anuales generales, la mayoría de los habitantes (82%) siente a su vivienda «calurosa» en verano, mientras que en invierno también la mayoría (82%) la percibe como «neutral» (Figuras 2 y 4, izquierda). Así, prevalecen sensaciones de falta de comodidad por calor. En cambio, si se comparan las percepciones durante las encuestas (Figuras 2 y 4, derecha), tienden a igualarse los porcentajes de respuestas de vivienda «fría» con los de «neutral» (en época fría), y las de «calurosa» con las de «neutral» (en época cálida), aunque las respuestas de sensación de «calurosa» aun casi duplican a las sensaciones de «neutral». Estos resultados refuerzan la

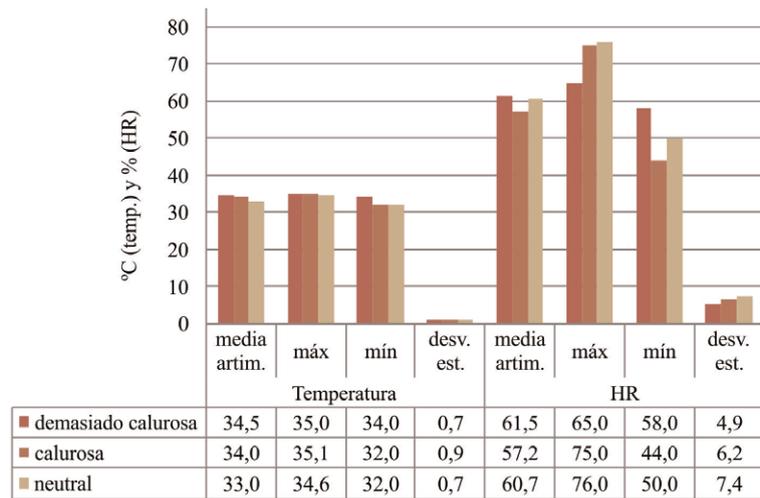


FIGURA 03 | Condiciones de temperatura y humedad relativa para cada rango de respuestas de sensación térmica durante las encuestas de época cálida. Fuente: elaboración de los autores.

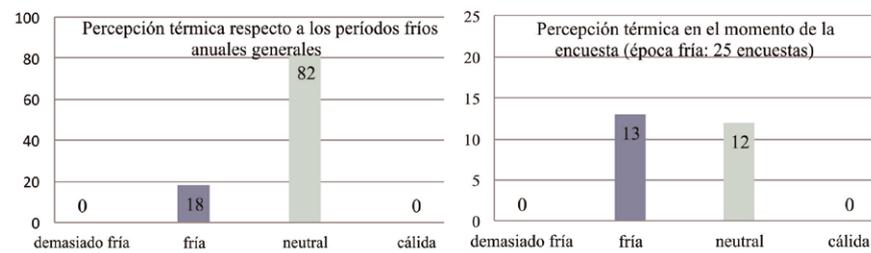


FIGURA 04 | Respuestas de sensación térmica en la vivienda. Izquierda: percepción de los 100 encuestados respecto a los períodos fríos anuales generales. Derecha: percepción de los 25 encuestados durante las encuestas en época fría. Fuente: elaboración de los autores.

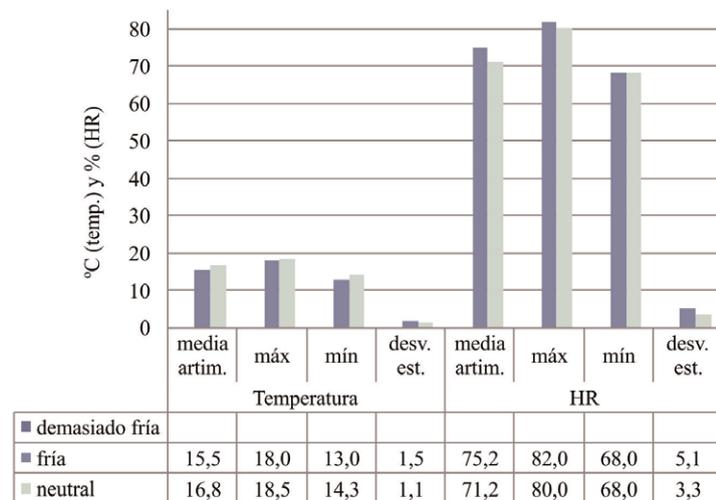


FIGURA 05 | Condiciones de temperatura y humedad relativa para cada rango de respuestas de sensación térmica durante las encuestas de época fría. Fuente: elaboración de los autores.

idea de que las personas sienten mejores condiciones térmicas en invierno que en verano en sus casas, pese a la importante aclimatación detectada en épocas cálidas.

Sensación térmica, ventilación, uso de equipos de climatización

Haciendo un cruce de la información obtenida para distintas variables, en épocas cálidas, el grupo de habitantes cuya respuesta de sensación térmica fue de «neutralidad» es el que menos cantidad promedio de equipos de refrigeración tiene en la vivienda (Figura 6, izquierda) y registra los mayores tiempos diarios máximos de vivienda abierta. Este grupo se presentaría como el de mayor capacidad de los habitantes de adaptarse al ambiente. La mayor cantidad promedio de equipos de refrigeración instalados en la vivienda (2 equipos) se da en el grupo cuya respuesta de sensación térmica fue de «demasiado calurosa» (grupo muy minoritario). El grupo mayoritario correspondió a las respuestas de sensación de vivienda «calurosa», con mayor cantidad máxima de equipos de refrigeración y con menos tiempo diario de vivienda abierta respecto del grupo de sensación «neutral» (Figura 6, izquierda).

En épocas frías, la mayor aclimatación se daría en el grupo de habitantes cuya respuesta de sensación térmica fue de «neutralidad», que también es el que menos cantidad de equipos de calefacción (hasta 1) tiene en la vivienda (Figura 6, derecha) y menor tiempo promedio diario de uso de los equipos registró. Asimismo, este grupo supera al de respuesta de sensación «fría» en tiempo máximo de vivienda abierta y lo iguala en tiempo promedio diario de apertura. El grupo de habitantes cuya respuesta de sensación térmica fue «fría» es el que más disponibilidad de equipos de calefacción registró (hasta 2).

Uso mixto: modalidades y caracterización

Las encuestas no arrojaron datos suficientemente contundentes para desarrollar una determinación estadística de las preferencias de confort en períodos de tiempo determinados. Sin embargo, orientaron para la caracterización del uso mixto en las viviendas, tanto en períodos cálidos como fríos. Este uso mixto (alternancia del tiempo de uso abierto con el uso cerrado, con equipos de climatización en funcionamiento) se define mediante dos modalidades, según predomine el tiempo de vivienda abierta o cerrada (Tabla 6). Ello surge de lo que se detectó y tipificó como preferencias, grados de aclimatación de los habitantes a las condiciones térmicas en las viviendas y disponibilidad y uso de equipos de climatización:

- *Modo abierto dominante.* Los habitantes que determinan este modo podrían sentirse cómodos frente a temperaturas interiores más altas y condiciones que para el modelo de constancia serían consideradas como de discomfort. Esta modalidad incluiría, predominantemente, los grupos de respuestas de sensación «calurosa» y «neutral» (para época cálida) y «neutral» (para época fría).
- *Modo cerrado dominante.* Cuando las viviendas se usan en este modo (y con equipos de acondicionamiento), la temperatura interior de los locales acondicionados puede ser completamente diferente a la exterior. Los habitantes que determinan este uso tendrían rangos de confort más estrechos que los del modo anterior. Esta modalidad incluiría, de manera predominante, los grupos de respuestas de sensación «demasiado calurosa» (para época cálida) y «fría» (para época fría).

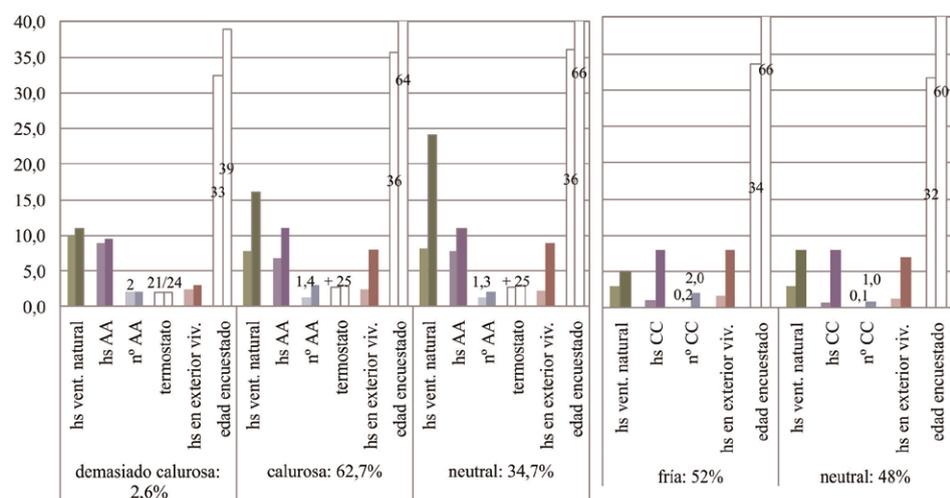


FIGURA 06 | Condiciones (media y máxima) de horas diarias de vivienda abierta, cantidad de equipos de climatización y regulación de termostato, para cada rango de respuestas de sensación térmica durante las encuestas. Fuente: elaboración de los autores.

USO DE LA VIVIENDA EN MODO MIXTO		Época cálida	Época fría	Particularidades de uso, preferencias y adaptaciones
Abierto / cerrado	Modelo de confort	Tiempo diario promedio de vivienda abierta (horas)		Los habitantes: -Regulan las condiciones térmicas de la vivienda principalmente a través del control de las ventanas. -Pueden usar ventilación mecánica sin enfriamiento del aire. -Adaptan su vestimenta según el clima exterior. -Medio/Alto nivel de aclimatación (más tolerancia a temperaturas más altas). Rangos de confort más amplios.
Modo abierto dominante (con ventilación natural)	<i>Adaptativo:</i> Límites térmicos variables según condiciones exteriores y adaptación del habitante.	Hasta 16	Hasta 6,5	
		Cantidad registrada de AA (aires acondicionados)	Cantidad registrada de CC (calefactores, estufas o radiadores)	
		Hasta 1 AA (por lo general sólo en zona dormir)	Hasta 1 CC (por lo general sin CC)	
		Tiempo diario aprox. de uso de los equipos de climatización (horas)		
Hasta 8	Hasta 8			
Modo cerrado dominante (con climatizac. artificial)	<i>De Constancia:</i> Límites térmicos fijos.	Tiempo diario promedio de vivienda abierta (horas)		Los habitantes: -Tienden a buscar condiciones térmicas más precisas. -Medio/Bajo nivel de aclimatación (menos tolerancia a temperaturas más altas). Rangos de confort más exigentes.
		Hasta 8 h	Hasta 3 h	
		Cantidad registrada de AA	Cantidad registrada de CC	
		2 ó más AA	Hasta 2 CC	
		Tiempo diario aprox. de uso de los equipos de climatización (horas)		
Hasta 11	Hasta 8			

TABLA 06 | Uso de las viviendas en modo mixto: modalidades. Fuente: elaboración de los autores.

CONCLUSIONES

La identificación y caracterización de ciertas preferencias y modos de uso impuestos por los habitantes a sus viviendas en ciudades del clima muy cálido y húmedo del NEA constituye la base para una propuesta de variables de uso y gestión que inciden de manera significativa en un modelo de evaluación de consumo de energía para climatización. Existe un impacto producido en el desempeño ambiental, urbano y energético de las viviendas por el uso que hacen de ella sus habitantes, pero también existe un impacto en la calidad de vida del habitante producido por la vivienda. Entender el modo en el que las personas se relacionan con el ambiente de sus viviendas resulta importante para desarrollar pautas que permitan predecir cómo estas personas (y las viviendas) responderán frente a ciertas condiciones térmicas.

Se detectó que las personas gestionan sus viviendas con modalidades diferentes, según predomine el tiempo, abiertas o cerradas. Estas modalidades se corresponderían con los patrones de uso del aire acondicionado surgidos de las encuestas y de los monitoreos; en una relación de proporcionalidad inversa: a mayor cantidad de horas de funcionamiento del aire acondicionado (y menos tiempo de apertura al exterior), menor satisfacción térmica general expresaron los encuestados en los horarios en que no se usaba el mismo.

Las restricciones que pesan sobre los métodos usados para la generación de los datos en este estudio se relacionan con el hecho de que la encuesta recoge solamente la visión que los encuestados tienen sobre sí mismos, lo que supone un margen de subjetividad e inexactitud, por lo que las correlaciones establecidas son provisionarias, sujetas a permanente ajuste ante las complejidades inherentes al factor humano. Sin embargo, la concordancia entre los resultados de las encuestas y los de los monitoreos (higrotérmicos y ocupacionales) validan de manera provisional los resultados obtenidos, con miras a desarrollar un modelo de evaluación de eficiencia energética para climatización de viviendas que considere la significatividad de la dimensión del uso y gestión impuesta por las personas que viven en ellas. ■



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÍAS, H. M.** (2020). *Eficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal del nordeste argentino: modelo metodológico para su evaluación integral y calificación en el clima muy cálido-húmedo*. Tesis doctoral inédita. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- AULICIEMS, A.** (1981). Towards a psycho-physiological model of thermal perception. *International Journal of Biometeorology*, (25), 109–122. <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02184458> y <https://doi.org/10.1007/BF02184458>
- CANDIDO, C. & DE DEAR, R.** (2012). From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review. *Ambiente Construido*, (12), 81–90. https://www.researchgate.net/publication/262621733_From_thermal_boredom_to_thermal_pleasure_A_brief_literature_review – DOI: 10.1590/S1678-86212012000100006.
- GARGANTA, M. L. & SAN JUAN, G.** (2012). Análisis del comportamiento energético y ambiental de la producción de viviendas sociales en la provincia de Buenos Aires (2003–2011). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (16), 7–14.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN [IRAM]** (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina* (N° de publicación IRAM 11603).
- KUCHEN, E.; FISCH, M. & GONZALO, G.** (2011). Modelo de Confort. Rangos de Aceptación Térmica. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, (26), 35–41.
- MINISTERIO DE HACIENDA, PRESIDENCIA DE LA NACIÓN** (2018). *Balances Energéticos Nacionales 2016 y anteriores*. <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>
- RE, M. G. & BLASCO LUCAS, I.** (2010). Comportamiento higrotérmico, lumínico y energético de edificios residenciales ubicados en la ciudad de San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (14), 181–188.
- SULAIMAN, H.; BLASCO LUCAS, I. & FILIPPÍN, C.** (2009). Incidencia del usuario en el comportamiento higrotérmico estival de una vivienda convencional en San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (13), 53–60.
- SZOKOLAY, S. & TENORIO, R.** (2002). Energy saving in tropical climates and house design for dual mode of operation. *PLEA 2002 – The 19^o Conference on Passive and Low Energy Architecture* (pp. 661–668). GRECO/ACAD.