

Thermal comfort in naturally ventilated buildings of Maracaibo, Venezuela

Gaudy Claret Bravo Morales y Eduardo Manuel González Cruz

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD),

Universidad del Zulia, Apartado 526. Maracaibo 4011-A, Venezuela.

E-mails: gbravo@luz.edu.ve, gaudybravo@yahoo.es, egonzale@luz.edu.ve, edugoncruz@yahoo.com.mx

Abstract

This document presents an evaluation of air temperatures and human thermal votes registered on three constructive typology naturally ventilated buildings located in Maracaibo, Venezuela. The results show differences in the indoor air temperatures, the thermal votes and in the indoor comfort temperatures estimates by building typology.

Key works: Thermal comfort, fields studies, adaptive model, naturally ventilated buildings, hot and humid climate.

El confort térmico por tipología constructiva de viviendas naturalmente ventiladas en Maracaibo-Venezuela

Resumen

Este documento presenta una evaluación de las temperaturas del aire y de las respuestas de la sensación térmica obtenidas en el interior de tres tipologías constructivas de viviendas naturalmente ventiladas y localizadas en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. Los resultados demuestran que existen diferencias en las temperaturas del aire interior, en las respuestas térmicas y en las estimaciones de las temperaturas de confort por tipología constructiva.

Palabras clave: Confort térmico, estudios de campo, modelo adaptativo, edificaciones naturalmente ventiladas, clima cálido y húmedo y evaluaciones térmicas.

Introducción

En un estudio de campo sobre confort térmico realizado en viviendas unifamiliares aisladas y naturalmente ventiladas (NV) en un sector no planificado de la ciudad de Maracaibo, Venezuela y correspondiente a personas de escasos recursos económicos [1, 2], se demuestra que tales viviendas no son diseñadas y construidas adecuadamente al clima local (cálido y húmedo todo el año). Entre otros aspectos, esta inadecuación se debe a que las temperaturas de globo (T_g) registradas en el interior de las viviendas durante

el día en los meses más frescos del año (enero y febrero), resultaron ser generalmente superiores en 1,5 a 2,5°C a las temperaturas de bulbo seco interior (T_{bsint}). Por esta razón, se considera que las T_g pueden reflejar con mayor precisión las condiciones ambientales internas bajo las cuales los individuos manifiestan sus sensaciones térmicas y, por ello, es utilizada en la estimación de las temperaturas de confort (T_c) bajo el modelo adaptativo.

Asimismo, frente a altos valores de T_{bsint} , T_g , humedad relativa (HR) y escasa velocidad del aire (V_v), se demuestra que los ocupantes de tales

viviendas manifiestan sensaciones de confort o cercanas a ellas y preferencias por ambientes ligeramente más fríos o frescos. Estos resultados confirman lo que establecen Fanger y Toftum [3] y de Dear y Brager [4], acerca de que la experiencia térmica de los individuos induce a un nivel de costumbre y/o aceptación con respecto al ambiente. Esto significa que las personas que comúnmente han vivido en ambientes calurosos pueden considerar que es su "destino" vivir en esos ambientes donde, inclusive, se expresa neutralidad en condiciones de calor y que las personas en ambientes cálidos o en edificaciones NV juzguen con menor severidad dichas condiciones.

Ahora bien, en varios estudios de campo publicados [4-7] que utilizan el modelo adaptativo, se observan fuertes relaciones entre las temperaturas exteriores e interiores de las edificaciones con las temperaturas de confort, y entre el clima y los ajustes que realizan los individuos para adaptarse al ambiente y lograr el confort. Estos ajustes pueden ser en el comportamiento personales, ambientales y tecnológicos) y psicológicos (en los hábitos, experiencias y expectativas). Específicamente, han explicado la existencia de una clara distinción entre las respuestas de las personas que habitan en edificaciones NV y las que habitan en edificaciones climáticamente controladas. En este sentido, la influencia del clima exterior en el confort interior es particularmente evidente en las edificaciones NV con lo cual, las variaciones de las temperaturas interiores y de confort dependen de las variaciones de la temperatura exterior. Las variaciones de la temperatura interior también dependen de las características constructivas o tipo de edificación (liviana o pesada), las cuales pudieran afectar las temperaturas de confort cuando se permanece en el interior de dichas edificaciones.

Tomando como punto de partida la base de datos de los estudios de campo referidos en Bravo y González [1, 2], realizados en viviendas NV con diferentes tipologías constructivas correspondientes a sus fases de consolidación, este trabajo tiene como propósito: determinar si existe o no una variación importante en las condiciones térmicas internas de las tres tipologías constructivas; y si estas variaciones repercuten en la respuesta de la sensación térmica de los ocupantes.

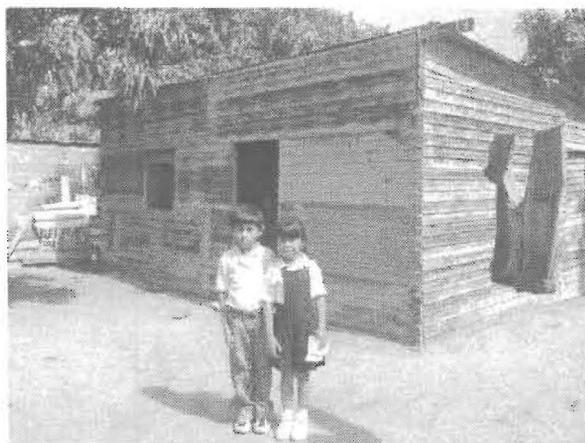
Con estos propósitos se reorganiza la base de datos contentiva de 140 registros (muestra) obtenidos durante los meses de enero y febrero del año 2000. La muestra se localiza en un sector de la ciudad donde casi la totalidad de las viviendas no poseen sistemas mecánicos de enfriamiento del aire (A.A) y donde sus ocupantes, no tienen una experiencia continua en ambientes con A.A.

Este trabajo basa sus conclusiones en el análisis, por tipología constructiva, de: las variaciones de las temperaturas interiores (T_{bs} y T_g); las variaciones en las respuestas sobre la sensación térmica de los ocupantes (aceptación, percepción y preferencia); la relación entre la temperatura interior y las respuestas de la sensación térmica de los ocupantes; y la relación entre la permanencia y la preferencia térmica de los ocupantes con respecto a los espacios interiores y exteriores de la vivienda durante el día.

Características de las tipologías constructivas y distribución en la muestra

Las encuestas manejadas para este estudio contienen 140 respuestas de la sensación térmica de los individuos en el interior de un conjunto de viviendas NV. Estas viviendas han sido clasificadas en tres grupos o tipologías de acuerdo a su fase de consolidación. La vivienda "formativa" que corresponde a aquellas de condiciones precarias resultado de un proceso inicial de asentamiento no controlado. La vivienda "en desarrollo" que agrupa a aquellas con un grado de evolución constructiva intermedia. Y la vivienda "en consolidación" que identifica aquél grupo de viviendas con un estado mayor de evolución constructiva.

La vivienda "Formativa" (Figura 1a), está constituida por construcciones de techo metálico con piso de tierra o cemento y paredes mayoritariamente metálicas (36 registros, lo cual representa el 26% de la muestra). La vivienda "en desarrollo" (Figura 1b), constituida por viviendas de techo metálico, piso de cemento y paredes de bloque hueco de arcilla o cemento sin revocar (57 registros, equivalentes al 41% de la muestra). "En consolidación", con 23 registros (16% de la muestra), constituida por viviendas con paredes de bloques huecos de arcilla o cemento, revocados (Figura 1c) y techo metálico o de losa nervada



(a)



(b)



©

Figura 1. Vivienda NV de tipología "formativa" (a), tipología "en desarrollo" (b) y tipología "en consolidación" (Fotos: Kumi Ohnari).

de concreto y bloque de arcilla (70% y 30%, respectivamente).

El resto de los registros (17% de la muestra), corresponden a espacios fuera de la vivienda, abiertos y techados con cubierta vegetal o láminas metálicas, los cuales se excluyen del análisis. Esto reduce la base de datos analizada a 116 registros.

En la tipología "formativa", del total de casos el 61% de los registros se obtienen en viviendas que cuentan con un único espacio y la diferencia corresponde a viviendas cuyas evaluaciones se realizaron en 2 y 3 espacios integrados (sala, comedor, cocina) y en un espacio delimitado (generalmente la habitación). En las tipologías "en desarrollo" y "en consolidación", los registros de las variables climáticas y de las respuestas de la sensación térmica, se obtienen básicamente en un espacio bien delimitado (51% y 43%, res-

pectivamente) o en dos espacios integrados (40% y 48%, respectivamente).

Actividad y vestimenta de los individuos

En la Tabla 1 se muestra el tipo de actividad que realizaban los encuestados durante los 30 minutos previos a la realización de la encuesta sobre confort térmico y la distribución porcentual de tales actividades por tipología constructiva. Es importante resaltar que la respuesta de la sensación térmica de los individuos fue obtenida a los 6 minutos después de iniciado el proceso de la encuesta, cómodamente sentadas las personas. En la Tabla 2 se muestra que la vestimenta predominante usada por los ocupantes es ligera y ajustada al clima de la ciudad.

Tabla 1
Distribución porcentual de las actividades realizadas por los ocupantes 30 min antes de la evaluación por tipología constructiva

Actividad 30 min antes de la evaluación	Met aprox. (ISO 7730)	Formativa (%)	En desarrollo (%)	En consolidación (%)
Acostado	0,8	3	5	4
Sentado y relajado	1,0	39	46	26
Parado en actividad leve o moderada	1,6-2,0	36	26	48
Caminando en actividad leve o moderada	1,9-2,4	22	21	22

Tabla 2
Distribución porcentual de la vestimenta de los ocupantes durante la evaluación por tipología constructiva

Ropa de los ocupantes	Clo aprox. (ISO 7730)	Form. (%)	En des. (%)	En cons. (%)
Pant. Largo (0,20-0,28) s/camisa, s/calzado o c/calzado abierto	0,20-0,28	8	6	0
Pant. Corto (0,06), s/camisa. Calzado abierto	0,06	3	3	0
Camisa manga corta (0,15), pant. corto (0,06), s/calzado o c/calzado abierto	0,21	47	44	22
Camisa manga larga (0,20-0,25), pant. corto (0,06), s/calzado o c/calzado abierto	0,26-0,31	3	0	0
Camisa s/manga (0,10-0,15), pant. corto (0,06), s/calzado o c/calzado abierto	0,16-0,21	11	22	14
Camisa manga corta (0,15), pant. largo (0,20-0,28), s/calzado o c/calzado abierto	0,35-0,43	8	11	14
Camisa manga larga (0,20-0,25), pant. largo (0,20-0,28), s/calzado o c/calzado abierto	0,40-0,53	0	0	3
Camisa s/manga (0,10-0,15), pant. largo (0,20-0,28), s/calzado o c/calzado abierto	0,30-0,43	0	11	0
Camisa s/manga (0,10-0,15), falda corta (0,15), s/calzado o c/calzado abierto	0,25-0,30	8	6	0
Camisa manga corta (0,15), falda corta (0,15), s/calzado o c/calzado abierto	0,30	3	8	0
Vestido largo, manga corta (0,20-0,25), s/calzado o c/calzado abierto	0,20-0,25	6	36	6
Vestido corto, manga corta (0,15-0,20), s/calzado o c/calzado abierto	0,15-0,20	3	11	6

Presentación y discusión de los resultados

A continuación, se presenta y discute los resultados en función de las variaciones obtenidas en las temperaturas del aire, las respuestas de la sensación térmicas, la relación entre la temperatura interior y las respuestas de la sensación térmica de los ocupantes; y la relación entre la permanencia y la preferencia térmica de los ocupantes con respecto a los espacios interiores y exteriores de la vivienda durante el día. Todas ellas por tipología constructiva.

a. Variaciones de las temperaturas del aire por tipología constructiva

Las variaciones de las temperaturas interiores (Tbsint y Tg) por tipología constructiva, se analizan estableciendo las relaciones entre la

Tbsint y la Tbs exterior (Tbsext), la Tg y la Tbsext y la Tbsint y la Tg.

Variaciones de la Tbsint con respecto a la Tbsext por tipología constructiva

En la Figura 2 se presenta la correlación entre la Tbsint y la Tbsext de las tres tipologías constructivas. Se observa que a temperaturas relativamente bajas las tres tipologías presentan comportamientos muy similares. Sin embargo, a medida que aumenta la Tbsext, el comportamiento de la vivienda "formativa" se diferencia de las otras dos tipologías. En este caso, la diferencia entre Tbsint y Tbsext es mayor que los otros dos casos (Tabla 3). Este resultado, puede tener su explicación en las características de las viviendas "formativas", la mayoría metálicas y generalmente sin ventanas y, por tanto, escasa ventilación. Pero también debido a que las viviendas de la tipología "en desarrollo" y "en consolidación"

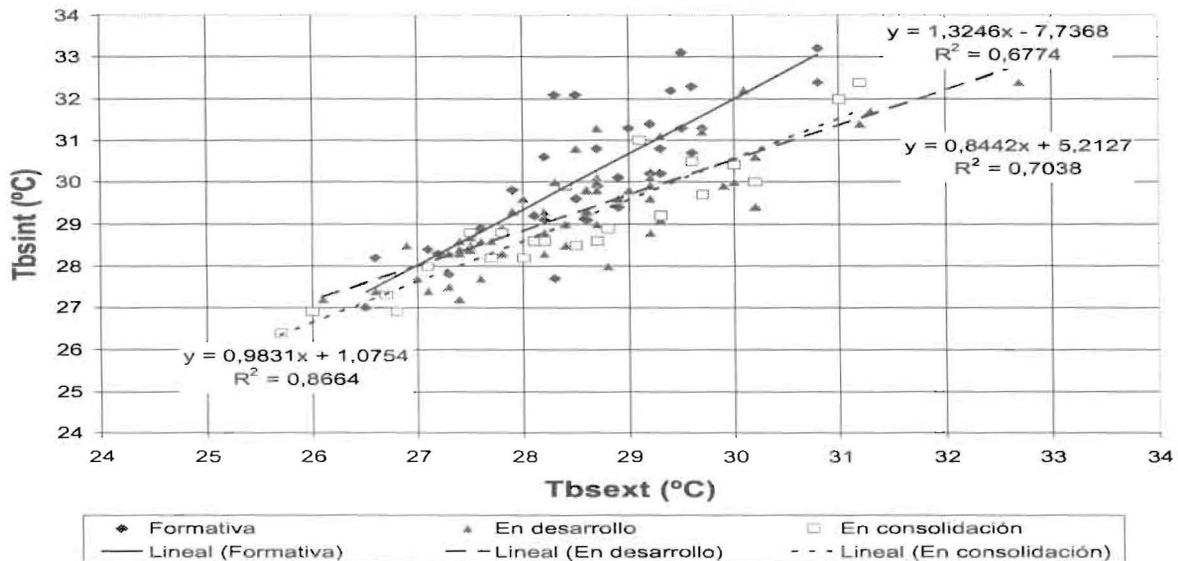


Figura 2. Correlación entre Tbsext y Tbsint de las tipologías constructivas "formativa", "en desarrollo" y "en consolidación".

Tabla 3
Diferencia de Tbsint y Tbsext por tipología constructiva

Tbsext (°C)	Formativa	En desarrollo	En consolidación
	Tbsint-Tbsext (°C)		
27	1	1	0,6
29	1,7	0,7	0,6
31	2,3	0,4	0,6

tienen más masa térmica en paredes, menores niveles de asoleamiento debido a la presencia de vegetación y posiblemente, mayor movimiento del aire debido a un mayor número de ventanas en los diferentes espacios de la vivienda. En estos casos las fluctuaciones de las temperaturas del aire son menores y, por consiguiente, la correlación entre T_{bsint} y T_{bsext} es más considerable (coeficiente de correlación Pearson (r) de 0,84 para "en desarrollo" y de 0,93 para "en consolidación").

Variaciones de la T_g con respecto a la T_{bsext} por tipología constructiva

En la Figura 3 se presenta la correlación entre la T_g y la T_{bsext} , observándose un comportamiento similar al caso anterior, con la diferencia que los valores de T_g son mayores y, por consiguiente, son mayores las diferencias obtenidas entre T_g y T_{bsext} en las tres tipologías (Tabla 4). Se ratifica que la tipología "formativa", es la que

registra mayores valores de T_g ; asimismo, registra los mayores incrementos de T_g en la medida que aumenta la T_{bsext} debido a las razones ya expuestas. Es de notar que a 27°C, 29°C y 31°C de T_{bsext} , las T_g resultan ser superiores en 2°C en las tres tipologías. En la "formativa", esta diferencia alcanzan los 3 y 4,5°C para las dos últimas T_{bsext} (Tabla 4).

Relación entre T_{bsint} y T_g por tipología constructiva

En la Figura 4 se presenta la correlación entre la T_{bsint} y la T_g registrada en cada tipología constructiva. En las tres tipologías se observa una diferencia igual o superior a 1°C en la T_g con respecto a T_{bsint} (Tabla 5). En el caso de la "formativa" y "en desarrollo", esa diferencia ($T_g - T_{bsint}$) se incrementa en la medida que aumenta T_{bsint} , llegando a alcanzar diferencias de casi 2°C y 1,5°C, respectivamente, para valores de T_{bsint}

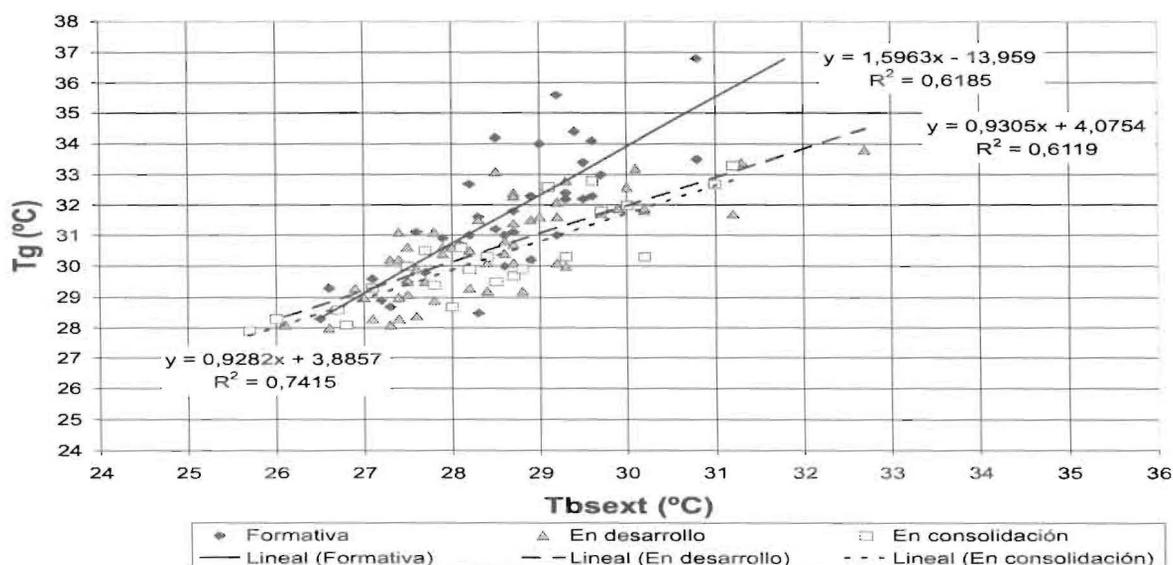


Figura 3. Correlación entre T_{bsext} y T_g de las tipologías constructivas "formativa", "en desarrollo" y "en consolidación".

Tabla 4
Diferencia de T_g y T_{bsext} por tipología constructiva

T_{bsext} (°C)	$T_g - T_{bsext}$ (°C)		
	Formativa	En desarrollo	En consolidación
27	2,1	2,2	1,9
29	3,3	2,1	1,8
31	4,5	1,9	1,7

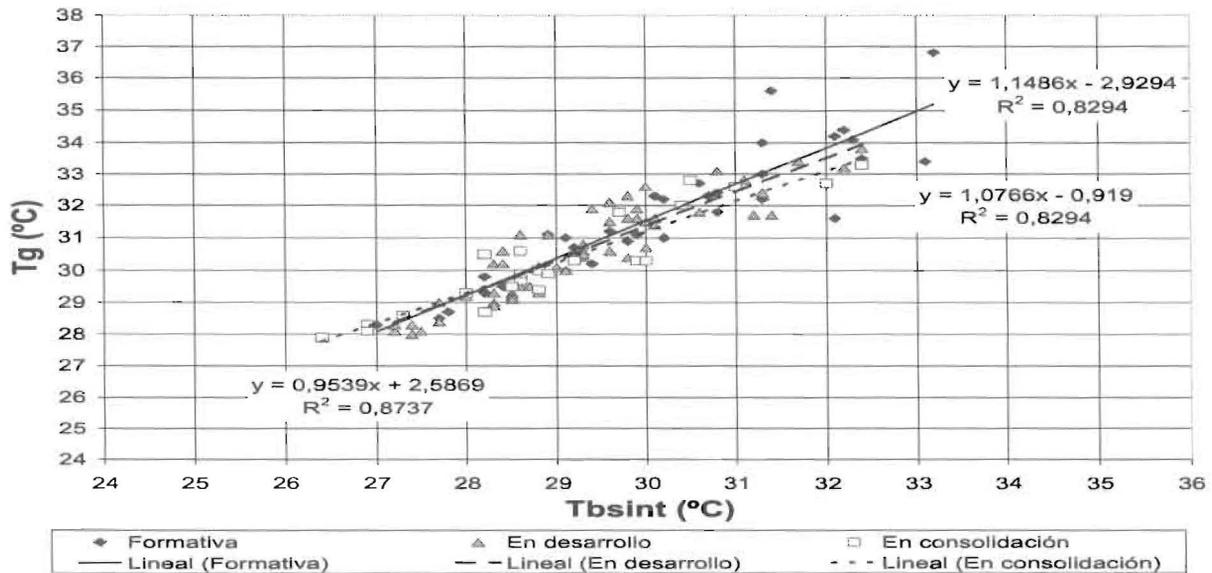


Figura 4. Correlación entre Tbsint y Tg de las tres tipologías constructivas “formativa”, “en desarrollo” y “en consolidación”.

Tabla 5
Diferencia de Tbsint y Tg por tipología constructiva

Tbsint (°C)	Formativa	En desarrollo	En consolidación
	Tg-Tbsint (°C)		
27	1,1	1,1	1,3
29	1,4	1,3	1,3
31	1,7	1,5	1,2

de 29°C y 31°C. Mientras tanto, en la tipología “en consolidación”, la diferencia se mantiene constante. Se evidencia entonces un patrón de comportamiento ligeramente diferente entre las tres tipologías, con mayores incrementos de Tg en las viviendas “formativas”.

En resumen, los resultados obtenidos en este análisis muestran que no hay diferencias significativas en las variaciones de las temperaturas interiores en las tres tipologías constructivas. Resultado que es lógico considerando la gradual transformación de las características constructivas esenciales de las viviendas en cada tipología. Las mínimas diferencias entre tipologías se registran con relativamente bajas temperaturas del aire; y las mayores diferencias se observan en la medida que se incrementa la temperatura del aire exterior. La tipología “formativa” al-

canza las máximas diferencias entre las temperaturas del aire interior y exterior.

b. Variaciones en las respuestas sobre la sensación térmica por tipología constructiva

Es importante destacar que a los ocupantes de las viviendas se les consultó acerca de su sensación térmica en diferentes momentos del día (8 a.m y 4 p.m), utilizando tres escalas de evaluación sugeridas por la norma ISO [8], a saber: la *escala de aceptación*, donde se responde si el ambiente es confortable o inconfortable para el momento de la evaluación; la *escala perceptual*, para determinar los diferentes niveles de confortabilidad o inconfortabilidad del sujeto en una escala compuesta por siete (7) niveles o puntos, donde la condición neutral de confort se registra

con el valor (0), la sensación con calor con los valores 1 (ligeramente con calor), 2 (con calor) y 3 (con mucho calor) y la sensación de frío con los valores -1 (ligeramente con frío), -2 (con frío) y -3 (con mucho frío) y; la *escala de preferencia*, que registra la sensación térmica que prefiere la persona en el momento de la evaluación medida en una escala de siete (7) puntos, donde la preferencia por el mismo ambiente, sin cambios, se registra con el valor neutral (0), las preferencias por ambientes más calientes con los valores 1 (ligeramente más caliente o caluroso), 2 (más caliente) y 3 (mucho más caliente) y las preferencias por ambientes más fríos o frescos con los valores 1 (ligeramente más fríos o frescos), 2 (más fríos o frescos) y 3 (mucho más fríos o frescos). Estas sensaciones térmicas, son analizadas relacionando las respuestas obtenidas de las siguientes escalas: aceptación y perceptual, aceptación y preferencia y, perceptual y preferencia.

Relación de la sensación térmica en las escalas de aceptación y perceptual por tipología

En la Tabla 6 se presenta la distribución de las respuestas de la sensación térmica de los ocupantes en la escala de aceptación y en la escala perceptual para cada tipología estudiada. Se destaca, la correspondencia en la manifestación de incomfortabilidad de los ocupantes en la escala de aceptación y la predominante manifestación de calor (3, 2 y 1) en las tres tipologías. Mientras tanto, cuando los ocupantes manifiestan confortabilidad en la escala de aceptación responden que siente calor o ligeramente frío en la escala perceptual. Este último resultado, puede

reflejar unos altos niveles de aceptación y tolerancia al ambiente interior de algunas personas.

En el caso de la tipología "formativa", más de la mitad de los encuestados manifiestan incomfortabilidad (el mayor porcentaje) y casi la totalidad manifiestan sentir calor en los diferentes niveles de la escala perceptual. En la tipología "en desarrollo", la percepción térmica de confort es ligeramente superior a la manifestación de incomfort en la escala de aceptación, mientras que en todas las manifestaciones de confortabilidad (aceptación), la cuarta parte manifiestan la misma sensación en la escala perceptual. Finalmente, en la tipología "en consolidación", más de las tres cuartas partes de los ocupantes manifiestan encontrarse confortables en la escala de aceptación (el mayor porcentaje) y un poco más de la mitad manifiestan la misma sensación en la escala de perceptual.

En la Figura 5 se muestra la distribución porcentual de las respuestas en la escala perceptual. Se observa que las mayores manifestaciones de calor se producen en las viviendas con tipología "formativa" (72%), seguida por "en desarrollo" (45%) y "en consolidación" (30%). Asimismo, las mayores manifestaciones de confort se encuentran en la tipología "en consolidación". Pudiera suponerse que estos resultados pueden estar afectados por valores psicológicos y sociales asociados a las "mejoras" y consolidación de las viviendas.

Relación de la sensación térmica en las escalas de aceptación y preferencia por tipología

La Tabla 7, muestra la distribución de las respuestas de la sensación térmica en las escalas

Tabla 6
Distribución de las respuestas en la escala de aceptación y percepción por tipología

Tipología	Aceptación	Perceptual (cant.)							Total	%
		3	2	1	0	-1	-2	-3		
Formativa	Inconfortable	6	5	9	1				21	58
	Confortable		2	4	8	1		3	15	42
En desarrollo	Inconfortable	6	6	12					24	43
	Confortable		3	9	18	2			32	57
En consolidac.	Inconfortable	1		1	1				3	13
	Confortable		2	3	14	1			20	87

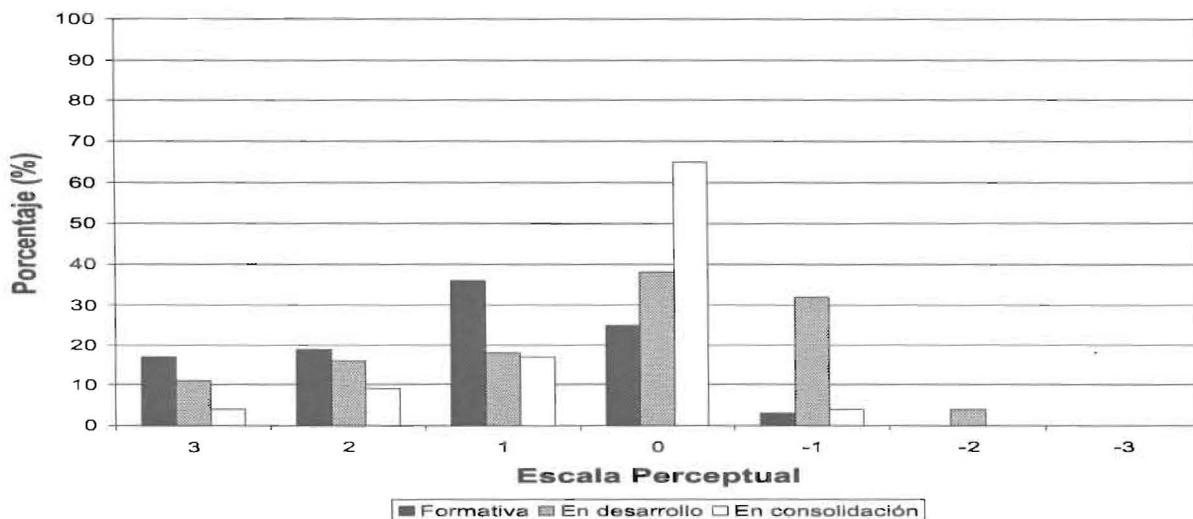


Figura 5. Distribución de las respuestas térmicas (escala perceptual) por tipología constructivas.

Tabla 7
Distribución de las preferencias en la escala de aceptación y preferencia por tipología

Tipología	Aceptación	Preferencia (cant.)							Total	%
		3	2	1	0	-1	-2	-3		
Formativa	Inconfortable				2	13	4	2	21	58
	Confortable			1	7	6	1		15	42
En desarrollo	Inconfortable				1	17	5	1	24	43
	Confortable			1	12	12	7		32	57
En consolidación	Inconfortable				1		1	1	3	13
	Confortable				10	8	1	1	20	87

de aceptación y preferencia (cantidades numéricas) para cada tipología. En ella, se puede observar que cuando los ocupantes encuestados en las tipologías "formativa" y "en desarrollo" manifiestan inconfort en la escala de aceptación, prefieren predominantemente ambientes más fríos o frescos (73% y 75%, respectivamente) y estos a su vez, concentrados en la escala ligeramente más frío o frescos (-1) (Figura 6). Mientras tanto, cuando manifiestan confort en la escala de aceptación, la distribución de las respuestas es equitativa en los que prefieren mantenerse confortables (mayor concentración) y en un ambiente ligeramente más frío o fresco (Figura 6). Estas preferencias pudieran indicar que con ambientes ligeramente más fríos o frescos, más individuos podrían expresar sensaciones de confort.

Relación de la sensación térmica en las escalas perceptual y de preferencia por tipología

Se observa que en las tipologías "formativa" y "en desarrollo" (Tabla 8), los ocupantes prefieren predominantemente ambientes más fríos o frescos en relación al ambiente experimentado. En cambio, en la tipología "en consolidación", aún cuando se sigue prefiriendo los mismos ambientes, la proporción es menor a las anteriores tipologías ya que se incrementa la proporción de personas que prefieren los mismos ambientes experimentados (sin cambios). En consecuencia, pudiera afirmarse que la tipología "en consolidación" ofrece ambientes interiores donde más individuos manifiestan estar satisfechos con el mismo o preferir un ambiente ligeramente más

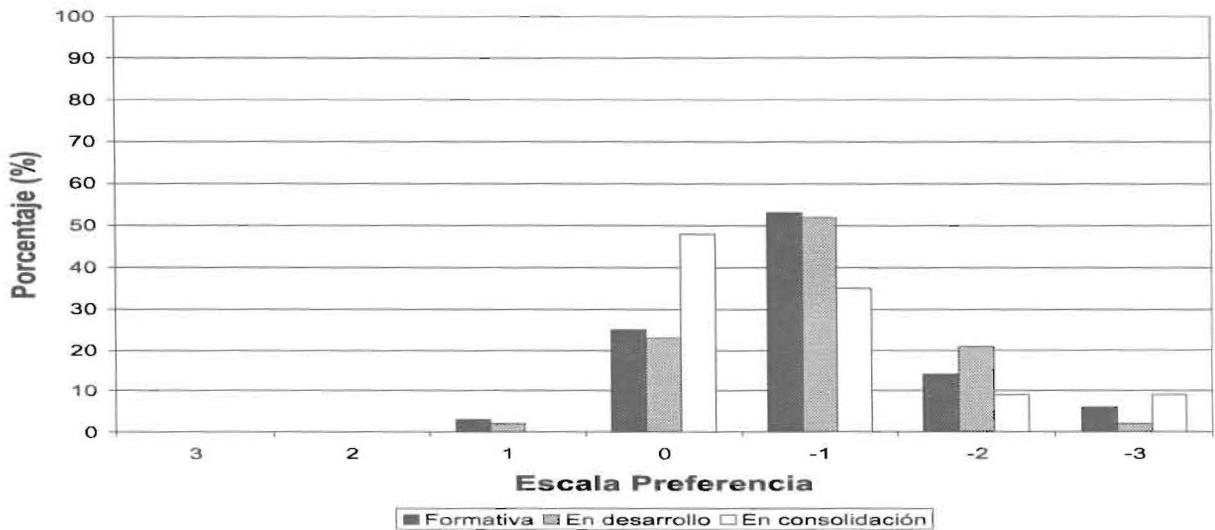


Figura 6. Distribución de las preferencias térmicas (escala perceptual) por tipología constructivas.

Tabla 8

Distribución de las preferencias térmicas en la escala perceptual por tipología

	Más caliente o cálido	Sin cambio	Más frío o fresco
Formativa	3%	17%	81%
En desarrollo	4%	16%	80%
En consolidación	4%	31%	65%

frío o fresco. Al relacionar las respuestas de ambas escalas (perceptual y preferencia) se obtiene una correlación (r) entre mediana y baja considerando la variedad de las respuestas (Tabla 9).

c. Relación entre la temperatura interior y las respuestas de la sensación térmica por tipología constructiva

A continuación, se relacionan las T_g obtenidas en las viviendas y las respuestas de la sensación térmica experimentada por los ocupantes durante el estudio medida en la escala perceptual; además, se estima la T_c para cada tipología.

Correlación entre T_g y respuestas de la sensación térmica en la escala perceptual

En la Tabla 10, se observa que existe una mediana correlación entre las T_g y las respuestas térmicas en las tipologías "formativa" y "en consolidación" y una débil correlación en la tipología

"en desarrollo". En otras palabras, la T_g influye medianamente en la respuesta térmica en los casos de las viviendas "formativas" y "en consolidación", e influyen débilmente en la respuesta térmica en la tipología "en desarrollo".

Al estimarse las T_c para cada tipología, según lo establece el método adaptativo, se determinan $27,8^\circ\text{C}$ y $29,1^\circ\text{C}$ en las tipologías "formativa" y "en consolidación" y $26,4^\circ\text{C}$ en la tipología "en desarrollo". Estos resultados parecieran ser incoherentes con la hipótesis adaptativa, la cual plantea, entre otras cosas, que los individuos que experimentan frecuentemente ambientes más calientes adquieren unos mayores niveles de aceptación y tolerancia y, por tanto, la T_c es mayor. En este caso, se obtiene una T_c superior cuando los ocupantes de las viviendas "en consolidación" experimentan T_b s menores a las experimentadas por los ocupantes de las viviendas con las tipologías "formativa" y "en desarrollo".

Sin embargo, se menciona que los ocupantes de las viviendas con las tipologías "formativa"

Tabla 9
Ecuaciones y coeficientes de correlación entre la percepción y preferencia térmica

Tipología constructiva	Percepción (eje x) y preferencia térmica (eje y)		
	Ecuación	r	R ²
Formativa	$y = -0,4132x - 0,4395$	0,53	0,278
En desarrollo	$y = -0,271x - 0,716$	0,36	0,131
En consolidación	$y = -0,5764x - 0,532$	0,54	0,295

Tabla 10
Ecuaciones y coeficientes de correlación entre la Tg y la percepción térmica por tipología

Tipología constructiva	Tg (eje x) y percepción térmica (eje y)		
	Ecuación	r	R ²
Formativa	$y = 0,3077x - 8,5324$	0,58	0,332
En desarrollo	$y = 0,2303x - 6,0682$	0,33	0,109
En consolidación	$y = 0,357x - 10,375$	0,63	0,396

y "en desarrollo", reportan los mayores porcentajes de incomfortabilidad y sensación de calor, así como mayores preferencias por ambientes más frío o frescos. De allí, que pudiera suponerse que las Tc, en esas tipologías, sean inferiores a las temperaturas experimentadas, como resulta ser. Mientras tanto, en la tipología "en consolidación", el valor de Tc debería ser más cercano a las temperaturas del aire experimentadas, como efectivamente se estima, considerando que un mayor número de personas se encuentran confortables y con preferencias por ambientes interiores similares a los experimentados.

Las estimaciones de la Tc deben ser el resultado de un mayor número de datos de temperaturas y de respuestas térmicas obtenidos en una edificación y durante un mayor período de exposición al ambiente interior para que tales temperaturas sean más representativas.

d. Permanencia y preferencia de los ocupantes con respecto a los espacios interiores y exteriores de la vivienda durante el día

En la Figura 7, se observa que más de la mitad de los ocupantes de las viviendas formativas

expresan permanecer en espacios exterior de la vivienda y prefieren mantenerse en los mismos debido a que consideran que el interior es muy caliente. Mientras tanto, en las viviendas en desarrollo y consolidadas, la permanencia en el interior de las viviendas es mucho mayor, especialmente en las viviendas consolidadas. En esta última, la mitad de los ocupantes manifiestan una preferencia por espacios exteriores pero en menor proporción a lo manifestado por los ocupantes de las viviendas formativas. Estos resultados son consecuentes con lo expresado en los puntos b y c de este trabajo y pueden explicar los resultados obtenidos en la estimación de las Tc.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este análisis, evidencian que no hay diferencias significativas en las variaciones de las temperaturas interiores en las tres tipologías constructivas. Las mínimas diferencias entre tipologías se registran con valores menores de temperaturas del aire; y las mayores diferencias se observan con temperaturas mayores del aire exterior. La tipología "formativa" alcanza las máximas diferencias entre las temperaturas del aire interior y exterior.

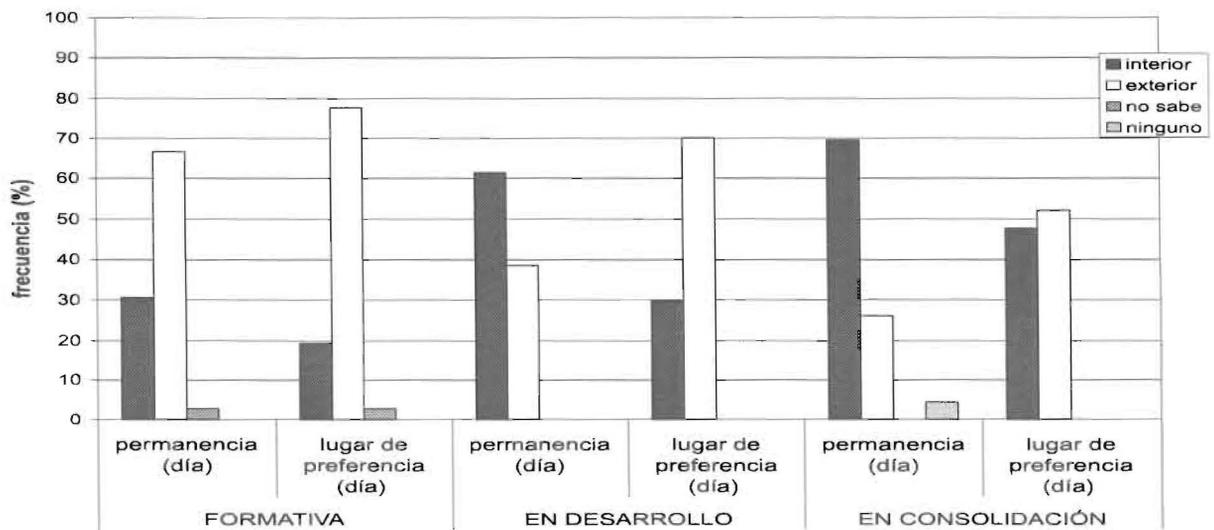


Figura 7. Permanencia y preferencia de los ocupantes con respecto a los espacios interiores y exteriores de la vivienda durante el día.

Asimismo, se obtienen diferencias tipológicas en las respuestas de la sensación térmica en las escalas de aceptación, perceptual y preferencia. En este sentido, en el interior de las viviendas "formativas" y "en desarrollo" se registran un mayor número de respuestas de incomfortabilidad (escala de aceptación), de sensaciones de calor (escala perceptual) y de preferencia por ambientes más fríos o frescos (escala preferencia). Mientras que, en las viviendas "en consolidación", un mayor número de individuos manifiestan satisfacción con el ambiente interior o preferencias por un ambiente ligeramente más frío o fresco.

Se destaca que, en respuesta a las condiciones ambientales exteriores e interiores de estas viviendas NV, los ocupantes utilizan ropa ligera como primera medida de ajuste o adaptación. Pero cuando las condiciones térmicas interiores sobrepasan las expectativas y preferencias de los ocupantes, como otra medida de ajuste, estos salen de sus viviendas y permanecen en espacios abiertos y techados o en el patio debajo de los árboles (caso "formativa" y "en desarrollo"). El tiempo de permanencia en estos espacios pudieran estar afectando la respuesta y preferencia térmica de los ocupantes y, por tanto, la estimación de la T_c . Asimismo, puede ser la explicación de la no incoherencia con la hipótesis adaptativa considerando que una proporción de los individuos en esas viviendas se adaptan a las condiciones ambientales exteriores. Sin embargo, se requieren

nuevos estudios para concluir sobre el efecto que la permanencia en un ambiente y otras variables climáticas y psicológicas (ej. la consolidación de la vivienda) pueden tener en las respuestas y preferencias térmicas y en la estimación de la T_c .

Referencias Bibliográficas

1. Bravo, G. y González, E.: "Confort térmico en el trópico. Hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas", *Información Tecnológica*, Vol. 12, No. 5 (2001) 169-174.
2. Bravo, G. y González, E.: Confort térmico en el trópico húmedo; experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas, In: VI Encuentro nacional e III Encuentro latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construido - ENCAC2001 (2001), Sao Pedro, Brasil.
3. Fanger, P. and Toftum, J.: "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", *Energy and Buildings*, Vol. 34, No. 6 (2002) 533-536.
4. de Dear, R. and Brager, G.: "Thermal comfort in naturally ventilated building: Revisions to ASHRAE Standard 55", *Energy and Buildings*, Vol. 34, No. 6 (2002) 549-561.
5. Brager, Gail S. and de Dear, Richard J.: "Thermal adaptation in the built environment: a literature review", *Energy and Buildings*, No. 27 (1998) 83-96.

6. Nicol, F.: "Thermal Comfort, a handbook for field studies toward an adaptative model", University of East London, England, 1993.
7. Nicol, F. and Humphreys, M.: "Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 34, No. 6 (2002) 563-572.
8. International Organization for Standardization, ISO 10551: "Ergonomic of the thermal environment. Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales", First Edition. 1995.

Recibido el 07 de Noviembre de 2005

En forma revisada el 29 de Mayo de 2005