

# Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas

*Thermal comfort in the humid tropics: field studies in naturally ventilated dwellings*

**Gaudy Claret Bravo Morales**  
**Eduardo Manuel González Cruz**

## Resumen

**E**ste documento presenta un conjunto de estudios de campo sobre confort térmico en viviendas ventiladas naturalmente y de construcción ligera, en las condiciones de un clima cálido y húmedo (Maracaibo-Venezuela) con el propósito de contribuir con el establecimiento de estándares locales sobre confort térmico para el diseño y construcción de edificaciones. El análisis se basa en el principio adaptativo que establece que las temperaturas térmicamente confortables son social, histórica, tecnológica y económicamente condicionadas y dependientes de las variaciones estacionales, geográficas y culturales. Las respuestas térmicas se obtienen de individuos que permanecen la mayor parte del tiempo en espacios ventilados naturalmente. Las temperaturas de confort son estimadas para cada estudio considerando las temperaturas interiores de bulbo seco y de globo. Estas temperaturas de confort, son correlacionadas con las temperaturas promedios mensuales del aire exterior de los últimos 4 años y las temperaturas promedios de globo, comparando sus resultados con otros estudios de referencia internacional.

**Palabras claves:** Confort térmico, Estudios de campo, Trópico húmedo, Viviendas ventiladas naturalmente.

## Abstract

*This paper presents a group of field studies on thermal comfort in naturally ventilated dwellings of light construction in hot and humid climate conditions (Maracaibo-Venezuela). It aims to contribute to the establishment of local standards of thermal comfort for building design and construction. The analysis is based on the adaptive principle that establishes that thermally comfortable temperatures are conditioned by social, historical, technological and economical factors and depend on seasonal, geographical and cultural variations. Thermal sensations were obtained from persons who spend most of their time in naturally ventilated spaces. Comfort temperatures are estimated for each field study considering indoor dry-bulb and mean global temperatures. These comfort temperatures are correlated with the monthly means of outdoor air temperatures on the last 4 years and the mean global temperatures, comparing these results with other international reference studies.*

**Keywords:** Thermal comfort, Field studies, Humid tropic, Naturally ventilated dwellings.

**Gaudy C. Bravo Morales**  
E-mail: gbravo@luz.ve

**Eduardo M. González Cruz**  
E-mail: egonzale@luz.ve

Sección Acondicionamiento  
Ambiental del Instituto de  
Investigaciones (IFAD)  
Facultad de Arquitectura y  
Diseño de LUZ  
4011-A-526, Maracaibo,  
Venezuela  
Tel.: +58.61.598628  
Fax.: +58.61.598503

**Recebido em 30/04/03**  
**Aceito em 03/10/03**

## Introducción

Humphreys (1995) plantea que los estándares de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers -ASHRAE- y de la International Organization for Standardization -ISO 7730 utilizados para evaluar o determinar el confort térmico del hombre, son ampliamente discutidos y cuestionados. Los argumentos presentados por el autor se refieren, para el caso de ASHRAE, al establecimiento de zonas de confort en condiciones estables de espacio y tiempo y a la aplicación indistinta de los estándares a regiones climáticas y geográficas disímiles. Para el caso de las normas ISO 7730, a la fijación de tasas metabólicas constantes en el tiempo e independientes del clima o estación, a la selección de valores estándares de aislamiento de la vestimenta definidas y limitadas a dos estaciones del año (verano e invierno) y por último, a la alta dependencia de las temperaturas de confort a los niveles de acierto o validez de la ecuación de Fanger.

Por otra parte, diferentes estudios de campo (NICOL, 1993; HUMPHREYS, 1995; NICOL; RAJA, 1996; HAGHIGHAT; DONNINI, 1998; BRAGER; DEAR, 1998; BRAVO; GONZÁLEZ, 2001) donde se han comparado la sensación térmica de los individuos con la misma respuesta derivada de la aplicación del modelo de Fanger (PMV), han concluido que éste sobreestima la capacidad adaptativa del hombre, particularmente en condiciones de altas temperaturas y humedades (condiciones tropicales). Las temperaturas de confort ( $T_c$ ) obtenidas no sólo difieren de las propuestas por los estándares internacionales, sino que además, han variado entre localidad geográfica, ambiente climático y cultural. En este sentido, Busch (1995) presenta las diferencias encontradas en las temperaturas de confort en los estudios de campo realizados por otros investigadores en ciudades y países de clima tropical y en edificaciones ventiladas naturalmente. Por ejemplo, para Singapur, se estimaron  $T_c$  entre 26 °C y 27,2 °C; para Irán e India se estimaron  $T_c$  de 32,5 °C y 31,1 °C respectivamente; para Tailandia una  $T_c$  de 27,4 °C y para Dhaka (Bangladesh) una  $T_c$  de 26,5 °C en abril.

Humphreys (1995) plantea que en el modelo adaptativo las temperaturas térmicamente aceptadas como confortables son social e históricamente condicionadas en tanto que, dependen de los patrones de uso de la ropa, variables entre culturas, de los niveles de

acondicionamiento del ambiente y de las experiencias y preferencias ambientales de los individuos. También establece dependencia con las variables tecnológicas y económicas considerando los adelantos en materia de refrigeración o calefacción para modificar o acondicionar térmicamente ambientes interiores, la capacidad de los usuarios para adquirir estas tecnologías y costear los consumos derivados de su utilización y los costos energéticos globales asociados a la incorporación de esas tecnologías a la edificación.

Otros resultados derivados de estudios de campo (Milne, 1995; Humphreys, 1995), se refieren a la estrecha relación empírica encontrada entre las temperaturas medias exteriores y la temperatura interior deseada (temperaturas de confort). Relación que se plantea más estrecha en ambientes ventilados naturalmente bajo la suposición de que los individuos se han adaptado a esas condiciones ambientales pero que debe ser objeto de una mayor exploración.

En términos globales, los estudios de campo sobre confort térmico, basados en el principio adaptativo, se orientan hacia el desarrollo de estándares locales de confort para el diseño y construcción de edificaciones por climas y culturas, para diferentes condiciones de climatización (enfriamiento o calentamiento mecánico o ventilación natural) y tipo de construcción. Es por ello, que algunos estudios de referencia internacional, han propuesto ecuaciones para estimar temperaturas de confort derivadas de sucesivos análisis estadísticos. E incluso, dichos estudios reportan numerosas estimaciones de temperaturas de confort por localidad y en situaciones climáticas distintas. En este sentido, este documento presenta los resultados obtenidos en algunos estudios de campo conducidos en la ciudad de Maracaibo-Venezuela, con el propósito de contribuir con la data y el análisis, al establecimiento de estándares locales para el diseño y construcción de edificaciones. También como insumo para el establecimiento de relaciones estadísticas entre las temperaturas de confort y las temperaturas exteriores y de globo en viviendas ventiladas naturalmente y con rápida respuesta frente a las condiciones de un clima cálido y húmedo.

## Metodología

Para cumplir con el objetivo propuesto en este documento, se seleccionaron los estudios de campo conducidos en viviendas de un sector de la

población de Maracaibo, Venezuela, de bajos niveles de vida, según estándares nacionales e internacionales, y efectuados en distintos meses y años. Las viviendas seleccionadas para este estudio no utilizan sistema de enfriamiento mecánico, es decir, son ventiladas naturalmente. Para el análisis se consideran las respuestas de la sensación térmica (RSTI) y las respuestas de preferencia térmica (RPTI) en base a una escala de valoración térmica comprendida entre +3 (mucho calor) y -3 (mucho frío) en dos grupos de individuos:

(a) Los usuarios de las viviendas (ocupantes) y que por tanto permanecen la mayor parte del tiempo en espacios ventilados naturalmente. En este caso, se entrevistaron a uno o más miembros de cada una de las viviendas en diferentes espacios y tiempo, obteniéndose los siguientes resultados: 52 entrevistas durante el mes de abril del año 1999 (caso 1), 85 en el mes de enero del año 2000 (caso 2) y 55 en el mes de febrero del mismo año (caso 3). Cabe mencionar, que cada entrevista realizada a un ocupante de una vivienda significa la obtención de dos respuestas: la RSTI y la RPTI;

(b) Las dos personas encargadas de realizar las encuestas (encuestadores), sujetos que permanecen la mayor parte del tiempo (75% del tiempo) de su actividad diaria en espacios enfriados mecánicamente. Estas personas manifestaron su sensación y preferencia térmica al mismo tiempo que lo hacían los ocupantes frente a las mismas condiciones climáticas interiores. Por esta razón, se reportan la misma cantidad de entrevistas de los casos 2 y 3, y por tanto, la misma cantidad de

RSTI y RPTI. Estas entrevistas se reportan como los casos 2b y 3b.

La selección de la muestra no fue probabilística, puesto que dependía de la permanencia en la vivienda, disponibilidad ocupacional para la hora y fecha de evaluación y disposición de las personas para contestar la encuesta de confort. Esta encuesta se diseñó considerando e incorporando las escalas de percepción, evaluativa y de preferencia térmica propuestas por las normas ISO 10551 (ISO 10551, 1995; BRAVO; GONZÁLEZ, 2001). Adicionalmente, se utilizó una cartilla de colores con el propósito de facilitar la comprensión de los conceptos involucrados en la escala de valoración de la sensación térmica. También se consultó la sensación y preferencia con respecto a la humedad del ambiente.

En la encuesta, se registraron y describieron las características de las viviendas (constructivas y calidad de la construcción) y de los espacios donde se efectuaron las evaluaciones (número y tipo de ventanas, ubicación, etc.), las cuales fueron agrupadas por tipologías constructivas de acuerdo a las fases de crecimiento y consolidación de la vivienda (ver Figura 1). También se describieron la vestimenta de las personas, cuyos valores se estimaron entre 0,1 Clo (cuerpo semidesnudo) y 0,3 Clo (ropa ligera). Durante la evaluación, los individuos permanecieron sentados en un promedio de 7 a 10 minutos, por lo que la tasa metabólica estimada correspondió a una actividad sedentaria para ese breve tiempo de reposo.



Figura 1 - Tipologías de viviendas y espacios evaluados (Maracaibo-Venezuela)

Las variables climáticas internas tales como: la temperatura de bulbo seco (Tbs), la temperatura de bulbo húmedo (Tbh), la humedad relativa (HR), la temperatura de globo (Tg) y la velocidad del viento (Vv), fueron registradas con equipos y sensores agrupados en una estación portátil que se colocaba en el centro del espacio de la vivienda donde se efectuaba la evaluación y próxima al individuo encuestado. Los promedios mensuales de temperatura exterior (Tbs) se obtuvieron de la Estación Meteorológica Urbana de Maracaibo, ubicada sobre el edificio del Instituto de Investigaciones (IFAD) de la Facultad de Arquitectura y Diseño de La Universidad del Zulia (FAD-LUZ).

Las sensaciones y preferencias térmicas se obtuvieron de personas adultas y en diferentes viviendas durante cada día, en un horario comprendido entre las 8 de la mañana y las 4 de la tarde de días consecutivos (entre semana).

La presentación y discusión de los resultados obtenidos en los casos evaluados, se establecen en función de las relaciones entre las Tbs y las Tg registradas en el interior de las viviendas, las RSTI y las RPTI de los ocupantes y encuestadores, las Tc calculadas con Tbs y Tg interior y la relación de Tc con Tbs exterior promedio del mes de evaluación y promedio mensual de los últimos 4 años. Además, se comparan las Tc obtenidas en Maracaibo y las referidas por Nicol (1995) en

diferentes estudios de campo. Si bien fueron registradas la velocidad de viento y humedad relativa en cada caso encuestado, su influencia sobre las RSTI y RPTI no son motivo de análisis en el presente trabajo.

## Presentación y discusión de los resultados

### Relación de Tbs y Tg interiores

En la Figura 2 se muestran las correlaciones establecidas entre las Tbs y Tg registradas en los espacios evaluados de las viviendas. En los tres casos correspondientes a los meses de abril del año 1999 (abr-99), enero del año 2000 (ene-00) y febrero del mismo año (feb-00), las Tg registradas fueron superiores a las Tbs interiores en 1,5 °C a 2,5 °C. Esto significa que las respuestas térmicas de los individuos estuvieron afectadas e influenciadas por las Tg que, por ser superiores a las Tbs interiores, indican una carga térmica radiactiva sobre los individuos adicional a la que tendrían si ambas temperaturas fueran semejantes. Esta situación se observa debido a las características de los techos y paredes, generalmente contruidos con láminas metálicas, poniendo de manifiesto la baja calidad térmica de las viviendas.

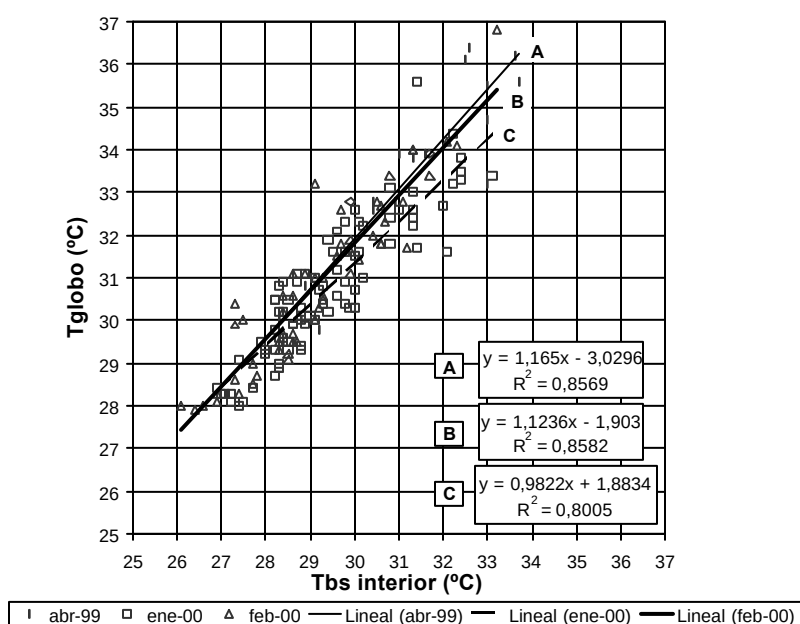


Figura 2 - Relación entre Tbs y Tg registradas en el interior de las viviendas para los tres casos estudiados en Maracaibo-Venezuela

## RSTI y RPTI de ocupantes y encuestadores

En la Tabla 1 se presentan las RSTI obtenidas de los casos 1 (abr-99), 2 (ene-00) y 3 (feb-00) y las RPTI de los casos 2 y 3 referidos a las personas que están habituadas a ambientes con ventilación natural (ocupantes). Mientras que en la Tabla 2 se presenta la misma información, pero referida a individuos (encuestadores) que están habituados a espacios enfriados mecánicamente, pero evaluados en los mismos ambientes con ventilación natural (casos 2b y 3b).

En relación con las RSTI de los ocupantes de las viviendas (Tabla 1), se obtiene que el 50% (caso 1), el 57,5% (caso 2) y el 47% (caso 3) de los mismos manifestaron una fuerte inclinación hacia ligeras sensaciones de calor. Mientras que el 45% (caso 1 y 3) y el 39% (caso 2) manifestaron sensaciones de confort frente a las condiciones climáticas internas, lo cual es significativo y representativo de la adaptación térmica de este grupo humano.

Al comparar los resultados de los casos 2 y 3 con las RSTI de los encuestadores (Tabla 2), se obtiene que las manifestaciones de calor fueron superiores alcanzando más del 75% de los individuos en tanto que, las manifestaciones de confort fueron inferiores (24% en enero y 18% en febrero).

Los resultados anteriores demuestran que los niveles de tolerancia y adaptación de los individuos frente a un ambiente térmico dependen de la experiencia térmica, es decir, de cuán acostumbrados o habituados estén frente a las condiciones ambientales internas de los espacios de mayor permanencia. En este sentido, los ocupantes de las viviendas manifiestan mayores niveles de tolerancia y adaptación que los encuestadores.

Por otra parte, al comparar las RSTI de los individuos con sus preferencias climáticas (RPTI), se observa que más del 70% de los ocupantes

manifestaron preferencias por condiciones "más frías o frescas" frente a un tercio de los mismos que prefirieron las mismas condiciones, es decir, "sin cambios". Mientras tanto, los encuestadores manifestaron mayores preferencias por condiciones "más frías o frescas" (cerca del 90%) y "no cambios" (10% aproximadamente). Estos resultados muestran que los ocupantes y los encuestadores prefieren condiciones más frías que las sentidas para el momento de la evaluación, aún considerando que un alto porcentaje de los ocupantes (45 % y 39%) manifiesta encontrarse en condiciones de confort.

## Temperaturas de confort calculadas con Tbs y Tg

Asumiendo únicamente las RSTI de los ocupantes y de los encuestadores, se estiman las Tc de cada caso evaluado en base a las Tbs interiores y las Tg registradas. En la Tabla 3 se muestran las ecuaciones correspondientes a las correlaciones lineales establecidas entre Tbs interior y Tg con las RSTI de los ocupantes. Las correlaciones fueron positivas, entre medianas y considerables en todos los casos. Por otra parte, se muestran las Tc estimadas a partir de las regresiones lineales establecidas en función de las Tbs interiores y Tg. Al respecto, se observa que las Tc estimadas con la Tg resultaron ser superiores en 3,5 °C (caso 1), 0,8 °C (caso 2) y 1,2 °C (caso 3) a las Tc estimadas con Tbs interior. Estos resultados demuestran la importancia de considerar las Tg para estimar las Tc en el interior de edificaciones, cuando las Tg son superiores a las Tbs interiores. La Tg representa con mayor aproximación las condiciones térmicas internas bajo las cuales los individuos se encuentran los individuos.

En la Tabla 4, se presenta la misma información pero referida a los encuestadores. Los resultados son similares en cuanto al factor de correlación y a los valores superiores de Tc estimados con las Tg.

| Esc   | RSTI | RPTI (abril)          |             |                   | Esc   | RSTI | RPTI (enero)          |             |                   | Esc   | RSTI | RPTI (febrero)        |             |                   |
|-------|------|-----------------------|-------------|-------------------|-------|------|-----------------------|-------------|-------------------|-------|------|-----------------------|-------------|-------------------|
|       |      | mas cálido o caliente | Sin cambios | más frío o fresco |       |      | mas cálido o caliente | Sin cambios | más frío o fresco |       |      | mas cálido o caliente | Sin cambios | más frío o fresco |
| 3     | 10   |                       |             |                   | 3     | 11   |                       |             | 11                | 3     | 7    |                       |             | 7                 |
| 2     | 20   |                       |             |                   | 2     | 15   |                       |             | 15                | 2     | 13   |                       |             | 13                |
| 1     | 20   |                       |             |                   | 1     | 32   |                       |             | 32                | 1     | 27   |                       |             | 27                |
| 0     | 45   |                       |             |                   | 0     | 39   | 1                     | 20          | 18                | 0     | 45   |                       | 25          | 20                |
| -1    | 5    |                       |             |                   | -1    | 3    | 3                     |             |                   | -1    | 8    |                       |             | 8                 |
| -2    | 0    |                       |             |                   | -2    | 0    |                       |             |                   | -2    | 0    |                       |             |                   |
| -3    | 0    |                       |             |                   | -3    | 0    |                       |             |                   | -3    | 0    |                       |             |                   |
| Total | 100  |                       |             |                   | Total | 100  | 4                     | 20          | 76                | Total | 100  | 0                     | 25          | 75                |

Tabla 1 - Valores porcentuales de RSTI y RPTI de los ocupantes (casos 1, 2 y 3)

| Esc   | RSTI | RPTI (enero)          |             |                   | Esc   | RSTI | RPTI (febrero)        |             |                   |
|-------|------|-----------------------|-------------|-------------------|-------|------|-----------------------|-------------|-------------------|
|       |      | mas cálido o caliente | Sin cambios | más frío o fresco |       |      | mas cálido o caliente | Sin cambios | más frío o fresco |
| 3     | 12   |                       |             | 12                | 3     | 9    |                       |             | 9                 |
| 2     | 25   |                       |             | 25                | 2     | 31   |                       |             | 31                |
| 1     | 39   |                       | 2           | 37                | 1     | 37   |                       |             | 37                |
| 0     | 24   | 1                     | 9           | 14                | 0     | 18   |                       | 5           | 13                |
| -1    | 0    |                       |             |                   | -1    | 5    |                       | 5           |                   |
| -2    | 0    |                       |             |                   | -2    | 0    |                       |             |                   |
| -3    | 0    |                       |             |                   | -3    | 0    |                       |             |                   |
| Total | 100  | 1                     | 11          | 88                | Total | 100  | 0                     | 10          | 90                |

Tabla 2 - Valores porcentuales de RSTI y RPTI de los encuestadores (casos 2b y 3b)

| CASOS  | Tbs interior con RSTI |                    |      | Tg con RSTI |                    |      |
|--------|-----------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|------|
|        | Tc (°C)               | Ecuación           | r    | Tc (°C)     | Ecuación           | r    |
| abr-99 | 27                    | $y=0,3736x-10,773$ | 0,58 | 30,5        | $y=0,3086x-9,3986$ | 0,61 |
| ene-00 | 27                    | $y=0,3673x-9,8828$ | 0,51 | 27,8        | $y=0,3163x-8,8142$ | 0,48 |
| feb-00 | 27,3                  | $y=0,3555x-9,7043$ | 0,55 | 28,5        | $y=0,2815x-8,0249$ | 0,53 |

Tabla 3 - Temperaturas de confort como función de Tbs y Tg y ecuaciones lineales de correlación (caso de los ocupantes)

| CASOS  | Tbs interior con RSTI |                    |      | Tg con RSTI |                    |      |
|--------|-----------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|------|
|        | Tc (°C)               | Ecuación           | r    | Tc (°C)     | Ecuación           | r    |
| abr-99 |                       |                    |      |             |                    |      |
| ene-00 | 25,5                  | $y=0,3222x-8,2272$ | 0,49 | 26,2        | $y=0,2732x-7,1613$ | 0,46 |
| feb-00 | 26,6                  | $y=0,4618x-12,279$ | 0,72 | 27,5        | $y=0,3614x-9,9639$ | 0,68 |

Tabla 4 - Temperaturas de confort como función de Tbs y Tg y ecuaciones lineales de correlación (caso de los encuestadores)

| CASOS  | Tbs prom/mes | Tc -Tbs prom/mes |          | Tbs prom/4 años | Tc -Tbs prom/4 años |          |
|--------|--------------|------------------|----------|-----------------|---------------------|----------|
|        |              | ocup.            | encuest. |                 | ocup.               | encuest. |
| abr-99 | 28,5         | -1,5             |          | 28,2            | -1,2                |          |
| ene-00 | 27,3         | -0,3             | -1,8     | 27,4            | -0,4                | -1,9     |
| feb-00 | 27,5         | -0,2             | -0,9     | 27,5            | -0,1                | -0,8     |

Tabla 5 - Relación entre Tc calculadas con Tbs interior (ocupantes y encuestadores) y las Tbs exterior promedio mensual y promedio de los últimos 4 años

| CASOS  | Tbs prom/mes | Tc -Tbs prom/mes |          | Tg prom serie | Tc -Tg prom/serie |          |
|--------|--------------|------------------|----------|---------------|-------------------|----------|
|        |              | ocup.            | encuest. |               | ocup.             | encuest. |
| abr-99 | 28,5         | 2                |          | 33,2          | -2,7              |          |
| ene-00 | 27,3         | 0,5              | -1,1     | 30,7          | -2,9              | -4,5     |
| feb-00 | 27,5         | 1                | 0        | 30,9          | -2,4              | -3,4     |

Tabla 6 - Relación entre Tc calculadas con Tg (ocupantes y encuestadores) y las Tbs exterior promedio mensual y las Tg promedio de los casos

Sin embargo, en este caso las diferencias encontradas entre las Tc estimadas con Tg y con Tbs interior oscilan en 0,7 °C (caso 2b) y 1,2 °C (caso 3b).

Un resultado importante a destacar es el hecho de que las Tc estimadas para los ocupantes fueron superiores a las estimadas para los encuestadores en 1,5 °C y 0,7 °C con Tbs interior y en 1,6 °C y 1 °C con las Tg (casos 2 y 3 respectivamente). Estos resultados confirman que las Tc de individuos habituados y adaptados a espacios ventilados naturalmente y además, bajo condiciones ambientales internas superiores a las externas, tienden a ser mayores a las Tc de individuos habituados a espacios enfriados mecánicamente.

### Relación de Tc con Tbs exterior promedio mensual, promedio últimos cuatro años y Tg promedio de cada caso.

En la Tabla 5 se presenta la relación entre las Tc calculadas con Tbs interiores (ocupantes y encuestadores) y las Tbs exteriores promedios mensuales y promedios de los últimos 4 años de los meses de evaluación (data disponible). En estas relaciones se observa que las Tc, tanto de los ocupantes como de los encuestadores, son menores a las Tbs exteriores promedio mensual, siendo mayores las diferencias para el caso de los encuestadores, puesto que las Tc son menores. Con respecto a las Tbs exteriores promedio de los últimos años, se observa un resultado similar.

La Tabla 6 presenta información similar a la tabla anterior pero referida a las Tc calculadas con las Tg y su relación con las Tbs exteriores promedio mensual y las Tg promedio de los casos evaluados. Se destaca que las Tc estimadas para los ocupantes fueron mayores a las Tbs exteriores promedio mensuales (0,5 a 2 °C), lo cual resultaría lógico si las mismas fueron estimadas con las Tg que, a su vez, fueron superiores a las Tbs interiores y exteriores. Sin embargo, las Tc de los encuestadores fueron escasamente inferior en 1 °C en el caso 2 e igual en el caso 3. Cuando se establece la comparación entre las Tc y las Tg promedios de cada caso o serie, se obtiene que las primeras son inferiores a las segundas tanto para los ocupantes (2,4 a 3 °C) como para los entrevistados (3,5 a 4,5 °C).

### Comparación de casos de Maracaibo con ecuaciones propuestas de Tc y casos de Pakistán y de Humphreys (NICOL, 1995)

En la Figura 3 se presentan las Tc estimadas en los distintos casos analizados de la ciudad de Maracaibo. Estas se comparan con las líneas de tendencia y ecuaciones de Tc propuestas por Humphreys ( $T_c = 12,1 + 0,534T_o$  - línea A), Auliciems y de Dear ( $T_c = 17,6 + 0,31T_o$  - Línea B) y Nicol ( $T_c = 17 + 0,38T_o$  - Línea C), las cuales han sido derivadas de diferentes estudios de campo realizados en edificaciones ventiladas naturalmente en varias partes del mundo, en diferentes regiones de Australia y en cinco ciudades de Pakistán, respectivamente. En la misma figura se observa que la mayoría de los casos de Maracaibo se ubican dentro del espacio geométrico común a las tres ecuaciones derivadas de los estudios de campo de los autores ya mencionados.

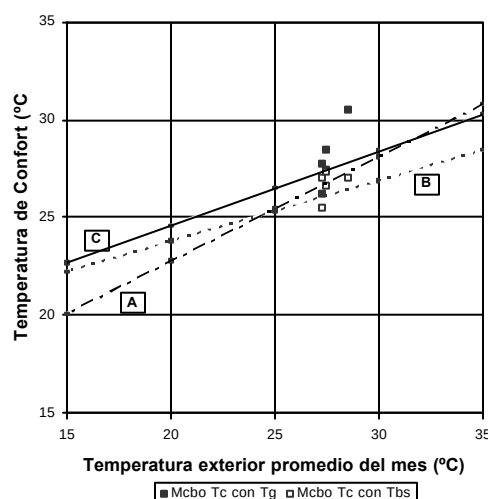


Figura 3 - Temperaturas de confort (Tc) estimadas para Maracaibo y las ecuaciones de Tc propuestas por Humphreys, Auliciems y De Dear y Nicol (NICOL, 1995)

En la Figura 4 se muestran las Tc estimadas en los estudios de campo desarrollados en la ciudad de Maracaibo con las Tc estimadas por Humphreys en sus diferentes estudios de campo y las obtenidas en Pakistán. Nótese que al igual que en la figura anterior, las Tc de Maracaibo, correspondientes a los primeros meses del año, se encuentran dentro del conjunto de las Tc reportadas, lo que induciría a pensar en que las Tc siguen un patrón o comportamiento similar.

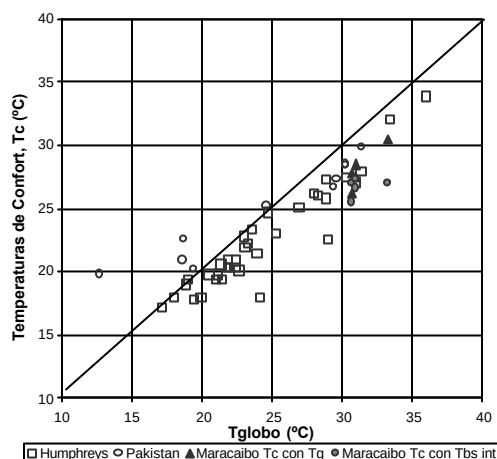


Figura 4 - Temperaturas de confort (Tc) estimadas para Maracaibo y las Tc estimadas para Pakistán y en los estudios de campo de Humphreys (NICOL, 1995)

## Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en estos estudios de campo evidencian que las viviendas de este sector de la población de Maracaibo no son adecuadas, considerando que en la mayoría de los casos las temperaturas de globo registradas son superiores a las temperaturas del aire interior e incluso exterior ( $T_g > T_{bsint}$  y  $T_{bs ext}$ ). Sin embargo, frente a esas condiciones ambientales unidas a valores altos de HR (68% promedio en los casos 1 y 3 y 66% promedio en el caso 2) y bajas velocidades de viento (0,4 m/s promedio en los tres casos), los ocupantes se han adaptado lo suficiente para manifestar proporcionalmente sensaciones de confort y sensaciones de ligeramente calor y preferencias por ambientes ligeramente más fríos o frescos comparados con otros individuos que permanecen más tiempo en espacios enfriados mecánicamente. En este sentido, se confirma la premisa del modelo adaptativo, la cual refiere que los niveles de adaptación dependen de las experiencias y expectativas térmicas de los individuos y la tesis de que las condiciones donde las personas expresan neutralidad son el resultado del promedio de las condiciones internas de sus casas.

Por otra parte, el hecho de que las  $T_g$  sean superiores a las temperaturas del aire, induce a pensar que la estimación de las  $T_c$  de estos individuos (ocupantes) debe estar asociada a estas  $T_g$ , por cuanto reflejan con mayor precisión las condiciones ambientales internas bajo las cuales los individuos manifiestan sus sensaciones

térmicas, generalmente con mayores niveles de tolerancia. Ahora bien, la relación entre las temperaturas del aire interior y exterior y las  $T_c$  son más estrechas, en situaciones donde las  $T_g$  son semejantes o iguales a las temperaturas del aire, lo cual debe garantizarse para los efectos del diseño y construcción de edificaciones ventiladas naturalmente.

Otro aspecto importante a mencionar se refiere a la ubicación de las  $T_c$  estimadas en Maracaibo, ya sea con las  $T_g$  o con las  $T_{bs}$  interior, dentro o próximas al área de ubicación de las  $T_c$  estimadas en Pakistán y la proximidad de las mismas a las líneas de tendencia o regresión derivadas de las ecuaciones propuestas por Humphreys, Auliciems, y De Dear y Nicol (NICOL, 1995), lo cual es una contribución para el establecimiento de un estándar de confort en situaciones climáticas semejantes y para la determinación de ecuaciones ajustadas de confort. En el caso de Maracaibo-Venezuela, se requiere de otros estudios de casos similares pero efectuados en otros meses del año, con otros grupos sociales y distintos tipos de edificaciones para poder establecer rangos de temperaturas de confort o zonas de confort para cada caso.

## Referencias

- BRAGER, G.; DE DEAR, R. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. **Energy and Building**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 83-96, 1998.
- BRAVO, G.; GONZÁLEZ, E. Comfort térmico en el trópico. Hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas. **Información Tecnológica**, Chile, v. 12, n. 5, p. 169-174, 2001.
- BUSCH, J. Thermal comfort in Thai air-conditioned and naturally ventilated offices. In: NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; SYKES, O.; ROAF, S. (Ed). **Standards for thermal Comfort: indoor air temperature standards for the 21st century**. London: E&FN, 1995. p. 114-121.
- HAGHIGHAT, F.; DONNINI, G. Impact of psycho-social factors on perception on the indoor air environment studies in 12 offices building. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ENERGY PERFORMANCE AND INDOOR CLIMATE IN BUILDINGS (Epic' 98), 2. 1998, Lyon, France. **Proceedings...** Lyon, France: École Nationale des Travaux Publics de L'Etat, 1998. p. 339-344
- HUMPHREYS, M. Thermal comfort temperatures and habits of hobbits. In: NICOL, F.;

HUMPHREYS, M.; SYKES, O.; ROAF, S. (Ed). **Standards for thermal Comfort: indoor air temperature standards for the 21st century**. London: E&FN, 1995. p. 3-12.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO10551**: Ergonomic of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, Switzerland, 1995.

MILNE, G. The energy implications of a climate-based indoor air temperature standard. In: NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; SYKES, O.; ROAF, S. (Ed). **Standards for thermal Comfort: indoor air temperature standards for the 21st century**. London: E&FN, 1995. p. 182-188.

NICOL, F. **Thermal comfort: a handbook for field studies toward an adaptive model**. London: University of East London, 1993. 77 p.

\_\_\_\_\_. Thermal comfort and temperature standards in Pakistan. In: NICOL, F.;

HUMPHREYS, M.; SYKES, O.; ROAF, S. (Ed). **Standards for thermal Comfort: indoor air temperature standards for the 21st century**. London: E&FN, 1995. p. 149-156.

NICOL, F.; RAJA, I. **Thermal comfort time and posture**: Exploratory studies in the nature of adaptive thermal comfort. Oxford, England: School of Architecture, Oxford Brookes University, 1996. 84 p.

## Agradecimiento

Se agradece especialmente al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia (LUZ) por el financiamiento para la ejecución del Programa de Investigación, cuyos resultados parciales han permitido la elaboración de este artículo. Se agradece también el financiamiento y el apoyo del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño de LUZ (IFAD) y la colaboración de todas las personas involucradas en el desarrollo de este programa.