

## ZONA DE CONFORT CON EL USO DE UN ÍNDICE TÉRMICO Y HUMEDAD RELATIVA EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

**Pavel Ruiz-Torres (1,2), Gabriel Gómez-Azpeitia (1),  
Gonzalo Bojórquez (1,3), Armando Alcántara (1)**

(1) Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad de Colima, Universidad de Guanajuato, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima, Campus Coquimatlán, Coquimatlán, Colima CP. 28400, México. Teléfono / fax: 01 (312) 316116, pavelvvg@msn.com, ggomez@ucol.mx, gonzalobojoquez@uabc.mx, armandoal@ucol.mx

(2) Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez Chiapas

(3) Posgrado e Investigación, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California

### RESUMEN

El trabajo expone la determinación de una zona de confort por un método estadístico, con el uso la temperatura operativa y la humedad relativa a partir de un estudio sobre las preferencias del ambiente térmico de las personas que habitan en viviendas ventiladas naturalmente en clima cálido subhúmedo. Para el diseño del cuestionario se utilizó la norma ISO 10551, y la metodología del estudio en campo se basó en investigaciones realizadas bajo el enfoque adaptativo. Se midió la temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, humedad relativa y velocidad de viento. Se obtuvieron 608 observaciones en cinco temporadas de estudio. En términos generales los resultados obtenidos permiten afirmar que es factible adaptar las zonas de confort a las preferencias de un lugar en específico. Se utilizó la temperatura operativa para definir la zona de confort ya que integra varios parámetros físicos (Temperatura del aire, temperatura de globo y velocidad del aire), además de que se utilizó también la humedad relativa. Estudios de este tipo permitirían en el futuro poder generar estándares locales para implementarlos en la evaluación del ambiente térmico, el diseño de sistemas y estrategias de climatización pasiva en los edificios, lo cual propiciaría ahorros en el consumo de energía en clima cálido subhúmedo.

Palabras clave: Enfoque adaptativo, confort térmico, espacio interior, temperatura operativa, clima cálido subhúmedo.

### ABSTRACT

The work presents the determination of a zone of comfort by a statistical method, using the operative temperature and the humidity regarding starting off of a study on the thermal preferences of living in naturally ventilated houses on a subhumid warm climate. For the design of the questionnaire norm ISO 10551 was used, and the methodology of the study in field was based on investigations realised under the adaptive approach. The temperature of dry bulb was registered, temperature of black globe, relative humidity and speed of wind. 608 observations in 5 seasons of study were obtained. In general terms the obtained results allow to affirm that he is feasible to adapt the zones of comfort to the preferences of a place in specific. The operative temperature was used to define the zone of comfort because Integra several physical parameters (the temperature of dry bulb, temperature of black globe and speed of wind), apart from which the relative humidity was also used. Studies of this type would allow the future in being able to generate standards local to implement them in the evaluation of the thermal environment, the design of systems and strategies of passive air conditioning in the buildings, which would cause savings in the power consumption in subhumid warm climate.

Keywords: Adaptive approach, thermal comfort, indoors spaces, operative temperature, subhumid warm climate.

## 1. INTRODUCCIÓN

Investigaciones realizadas en todo el mundo subrayan la necesidad de emprender una acción mundial para frenar el consumo desmedido de energía en la edificación. Las prácticas modernas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética o los impactos económicos, ambientales o sociales más amplios en el ambiente edificado (Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, 2008). La cantidad de energía necesaria para la construcción del edificio y el nivel de contenido energético de los materiales no se puede calcular con exactitud, pero es pequeña en comparación con la cantidad de energía que se consume para la climatización artificial de espacios en el periodo de vida del edificio. Por ejemplo, el contenido energético de la lana mineral empleada para el aislamiento equivale a la energía que se ahorra por aislamiento durante tan sólo un mes de invierno (TAREB, 2004). Uno de los objetivos a los que debe aspirar la calidad medioambiental en la construcción es el definir las condiciones de confort térmico de un lugar en específico. Algunos de los modelos teóricos recientes consideran la capacidad adaptativa humana a las condiciones ambientales, y consolidan conceptos anteriores en donde las preferencias térmicas de las personas de la temperatura interior varían según las condiciones de clima al aire exterior (Roriz, 2003).

En varias regiones de México que cuentan con un clima cálido, ya sea seco, subhúmedo o húmedo se llega a utilizar el enfriamiento por compresión electromecánica de gas para crear un ambiente confortable en el interior de las edificaciones. De acuerdo a investigaciones recientes las personas que habitan en edificios naturalmente ventilados tienen una preferencia de confort por arriba de los estándares propuestos a nivel internacional, como es el caso del ISO Standard 7730. Por lo tanto es necesario ajustar los estándares de confort térmico, ya sea para utilizarlos para climatizar espacios o para la evaluación del ambiente térmico, a partir de datos generados con investigaciones locales, que en consecuencia a futuro contribuiría a disminuir el consumo de energía en la climatización electromecánica.

Este trabajo se desarrolló a partir del enfoque adaptativo, el cual no parte solo de considerar el intercambio de calor entre el cuerpo y el entorno, sino de observar que existen una serie de acciones que el ser humano puede realizar para alcanzar el confort térmico (Nicol y Humphreys, 2002). Este enfoque no generaliza los resultados, ya que toma en consideración que los individuos prefieren diferentes temperaturas de acuerdo a la temperatura exterior que ellos experimentan, en este caso tiene que ver con el concepto de aclimatación y está estrechamente relacionado con el tiempo de permanencia que pasa el individuo en determinado lugar con un tipo de clima (Nicol *et al*, 2002).

La Zona de confort representa las condiciones dadas bajo las cuales las personas no manifiestan malestar ante el ambiente térmico (Givoni, 1989), los parámetros físicos que principalmente se utilizan son la temperatura del aire y la humedad relativa. Así mismo en la Arquitectura se han analizado parámetros, tablas, pautas de diseño que consideran los niveles de confort del usuario. Con el paso del tiempo se han desarrollado cartas bioclimáticas donde establecen los rangos de confort térmico y de humedades, entre los más importantes se encuentra Olgyay (1963), Szokolay (1986) y Givoni (1998). La limitación de los diagramas de confort existentes reside en que fueron desarrollados con individuos aclimatados a condiciones distintas al clima cálido subhúmedo y en la mayoría de los casos en edificios climatizados, y con expectativas de confort típico de las personas con el estilo de vida de los países desarrollados. También existen diferentes métodos, normas e índices para determinar el confort térmico; de los métodos existentes el más completo es el de Fanger, el PMV, el cual predice la sensación térmica de la persona en un ambiente determinado. Este método ha sido retomado por la norma ISO 7730 (Mondelo, 2001). Y de la misma forma que los diagramas bioclimáticos, el PMV fue desarrollado con sujetos europeos y norteamericanos bajo condiciones estacionarias controladas, además de disponer de información que lo hace complejo. Por lo tanto se deben ajustar los estándares internacionales de acuerdo a estudios realizados en diferentes regiones del mundo y con uso de herramientas que sean fáciles de utilizar por parte de los diseñadores del ambiente térmico.

Este trabajo se centra en definir una zona de confort para el índice de temperatura operativa a partir de un estudio de las preferencias térmicas y de humedades de las personas que habitan en viviendas ventiladas naturalmente en la ciudad de Colima, México. Se eligió el índice de la temperatura operativa ya que es relativamente sencillo en su utilización, además de que integra factores del clima como la temperatura del aire, temperatura de globo y la velocidad del viento para su desarrollo. Y para la representación de la zona de confort se basó en el gráfico desarrollado por Fanger (1972), el cual grafica las curvas de confort para la temperatura operativa en el eje de las "Y" la humedad relativa y en el eje de las "X" la temperatura operativa. El estudio de campo se desarrolló con una metodología basada en autores que han hecho este tipo de investigaciones bajo el enfoque adaptativo, tales como Nicol (2001) y González y Bravo (2003). Para la aplicación de las encuestas sobre la valoración del ambiente térmico se desarrolló conforme a ISO 10551:1995. Y para la selección de las viviendas se tomó en cuenta 16 fraccionamientos de la ciudad de

Colima. En este documento se expone el análisis estadístico para encontrar la zona de confort, y posteriormente el análisis y desarrollo para adaptar una zona de confort con la temperatura operativa. En términos generales se puede decir que es factible adaptar las zonas de confort para una localidad, inclusive las utilizadas para evaluar el ambiente térmico por medio de un índice térmico, que en este caso fue la temperatura operativa.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue el determinar una zona de confort para utilizar el índice de temperatura operativa y la preferencia de humedad relativa, a partir de un estudio sobre las preferencias térmicas y de humedades de las personas que habitan en viviendas ventiladas naturalmente en la ciudad de Colima, en condiciones de un clima cálido subhúmedo.

## 3. MÉTODO

El método del trabajo está dividido en dos apartados: 1) Diseño de la investigación: Estudio en campo de preferencia del ambiente térmico, 2) Zona de confort con temperatura operativa y humedad relativa.

### 3.1. Diseño de la investigación: Estudio en campo de preferencia del ambiente térmico.

En este apartado se describe el enfoque utilizado para el estudio, la selección de las viviendas donde se aplicó el cuestionario, el diseño del cuestionario y su aplicación. También se mencionan los pasos del análisis estadístico utilizado para obtener la zona de confort.

El estudio se realizó bajo el enfoque adaptativo, este no generaliza los resultados, ya que toma en consideración que los individuos prefieren diferentes temperaturas de acuerdo a la temperatura exterior que ellos experimentan, en este caso tiene que ver con el concepto de aclimatación y está estrechamente relacionado con el tiempo de permanencia que pasa el individuo en determinado lugar con un tipo de clima (Nicol et. al., 2002). En este enfoque no se interviene ni se controlan los parámetros físicos que afectan en la preferencia térmica de las personas. Por esta razón se eligió este enfoque, ya que fundamentalmente se adaptaría la zona de confort para las personas que habitan en la ciudad de Colima bajo condiciones de clima subhúmedo.

El trabajo de campo se llevo a cabo en Colima, Colima. Localizado al centro occidental de México y se encuentra entre los 18° 53' -19° 21' latitud Norte y entre los 103° 32' -103° 43' longitud Oeste, a una altitud máxima de 550 metros sobre el nivel del mar y una mínima de 305 metros sobre el nivel del mar. El clima de Colima es cálido subhúmedo, con una temperatura mínima promedio anual de 18.3 °C y una temperatura promedio máxima anual de 32.3 °C, el promedio de la temperatura anual es de 24.3 °C.

Para la realización del trabajo en campo se escogieron los meses que comprenden diferentes condiciones climáticas en el año. Clasificado en cinco periodos de estudio: 1<sup>er</sup> periodo (Septiembre de 2006), 2<sup>o</sup> periodo (Noviembre de 2006), 3<sup>er</sup> periodo (Febrero de 2007), 4<sup>o</sup> periodo (Abril de 2007) y 5<sup>o</sup> periodo (Mayo de 2007). El número de personas encuestadas en todo el periodo de estudio fue de 608. Esto de acuerdo al enfoque adaptativo que considera que la temperatura de confort que prefieren las personas está relacionada con la temperatura exterior que ellas experimentan y por ello se trató de abarcar las diferentes condiciones climáticas que se presentan en Colima.



Figura 1 – Ubicación de los fraccionamientos donde se realizaron las encuestas.

Las viviendas donde se realizó la aplicación del cuestionario fueron seleccionadas de manera

aleatoria de diferentes fraccionamientos y zonas del área conurbada Colima-Villa de Álvarez, así como también la colonia centro de Colima y la colonia centro de Villa de Álvarez (Ver figura 1).

### 3.1.1. Diseño del cuestionario.

El cuestionario para recabar los datos en campo partió de la propuesta por Givoni, durante su visita a la ciudad de Colima en el 2003, esta se modificó para el presente trabajo de acuerdo a la ISO 10551.

La encuesta se dividió en seis grupos:

- I. Datos generales.
- II. Datos temporales.  
-Fecha, hora de inicio y final de la entrevista.
- III. Información de la vivienda.  
-Dispositivos de control climático activados en el lugar.
- IV. Información del habitante.  
-Tiempo que lleva dentro de la casa, actividad desarrollada, sexo, constitución física.
- V. Información sobre la percepción del ambiente interior de la vivienda.  
-Sensación térmica, de humedad, de ventilación, sensación térmica nocturna, preferencias de temperatura, preferencias de ventilación, aceptación personal del ambiente y tolerancia personal.
- VI. Datos de monitoreo físico.  
-Registro de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo negro, humedad relativa y la velocidad del viento.

### 3.1.2. Aplicación del cuestionario.

Se tomó como criterio que en cada vivienda se podían hacer más de una encuesta, cuidando que los individuos sean mayores de 12 años y menores de 75 años. Las encuestas se realizaron tanto en horario matutino como vespertino, en horarios comprendidos entre las 8:00 y 19:00 horas. Además se preguntó el estado de salud del individuo a encuestar y en los casos donde la persona tenía alguna enfermedad que pudiera influir en su respuesta sobre la sensación térmica no se realizó la encuesta. Al momento de aplicar la encuesta se procuró que los individuos estuvieran sentados sobre una silla ligera y evitar que estuvieran sobre un sillón grueso, ya que cambiaría su sensación de confort térmico, por la masa térmica del mueble. Para la medición de la velocidad del viento se le solicitaba a la persona que sostuviera el anemómetro omnidireccional para medir el movimiento del aire que pasaba en donde estaba ubicada (ver figura 2).

Durante el procedimiento de la aplicación del cuestionario se les indicó a las personas que deberían permanecer sentados hasta que transcurrieran los diez minutos para que se estabilizara el equipo, y posteriormente se comenzaba con las preguntas sobre la percepción térmica del espacio.



Figura 2 – Aplicación de encuestas en viviendas

### 3.1.3. Instrumentación y variables climáticas medidas.

El equipo que se utilizó para medir las variables físicas del ambiente térmico fue un monitor de estrés térmico y anemómetro omnidireccional (ver figura 3). Para el procesamiento de los datos se realizó una codificación de la encuesta en Excel. Los parámetros climáticos que se midieron fueron la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo negro, humedad relativa y velocidad de viento. El área donde se procuró colocar el equipo de medición fue en la sala o el espacio inmediato a la entrada de la vivienda. El equipo se instaló en la mayoría de las veces al centro del espacio, entre 0.8 m y 1.2 m de distancia de las personas a encuestar.



Figura 3 – Monitor de estrés térmico y anemómetro omnidireccional

### 3.2. Zona de confort con temperatura operativa y humedad relativa

El proceso de análisis estadístico que se utilizó para generar la zona de confort a partir de los datos recabados en campo fue realizado con el método de Medias con Dispersión Asociada (MDA), propuesto por Gómez-Azpeitia *et al* (2007), el cual se desarrolló con base en la propuesta de Nicol (1993) para climas “asimétricos”, con el fin de obtener una gráfica donde se exponga una zona de confort que utiliza en el eje de las “X” la temperatura operativa y en el eje de las “Y” la humedad relativa. También se presenta la expresión matemática para obtener la temperatura operativa.

En el MDA se utiliza la media como punto medio o neutral y se utiliza la desviación estándar ( $\delta$ ) para determinar los rangos. Teóricamente se estima que para datos normalmente distribuidos, el rango de  $\pm 1 \delta$  incluye el 68% de las respuestas y con  $\pm 2\delta$  incluye el 95%. Para datos no distribuidos normalmente este porcentaje puede variar, por lo que se recomienda obtener el mayor número de respuestas en los estudios de campo para lograr la distribución normal (Gómez-Azpeitia *et al*, 2008). Por lo tanto se usó para obtener el rango de preferencias para la temperatura operativa y de la humedad relativa el rango comprendido entre  $\pm 2\delta$ . El rango comprendido entre  $\pm 2 \delta$  para el caso del MDA le llamaremos rango extenso y el comprendido entre  $\pm 1\delta$  le llamaremos rango ajustado.

Los pasos para la obtención del rango de confort para la temperatura operativa y la humedad relativa se enumeran a continuación:

- 1) Se obtuvo la temperatura operativa ( $t_o$ ) para cada caso. La fórmula utilizada es la siguiente (Mondelo *et al*, 2001):

$$t_o = At_a + (1 - A)TRM$$

Donde:

Para A depende de la velocidad relativa del aire:

$$A=0.5 \text{ para } v_a < 0.2 \text{ m/s}$$

$$A=0.6 \text{ para } 0.2 < v_a < 0.6 \text{ m/s}$$

$$A=0.7 \text{ para } 0.6 < v_a < 1.0 \text{ m/s}$$

Para la TRM (Mondelo, 2001) se utilizó la siguiente expresión que utiliza el diámetro del sensor de la temperatura de globo y la emisividad del mismo

Con convección natural ( $v_a < 0.15 \text{ m/s}$ ):

$$TRM = \left[ (t_g + 273)^4 + (0.25 \cdot 10^8) / \varepsilon (|t_g - t_a| / D)^{0.25} \cdot (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273$$

Con convección forzada ( $v_a > 0.15 \text{ m/s}$ ):

$$TRM = \left[ (t_g + 273)^4 + 1.1 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6} (t_g - t_a) / (D^{0.4} \varepsilon) \right]^{0.25} - 273$$

Donde:

$t_g$  = Temperatura de globo (°C)

$t_a$  = Temperatura del aire (°C)

$v_a$  = Velocidad del aire (m/s)

$D$  = Diámetro del sensor de la temperatura de globo en metros (el diámetro

del sensor de globo del equipo utilizado fue de 0.05)  
 $\varepsilon$  = Emisividad del sensor de la temperatura de globo negro, el coeficiente utilizado fue de 0.95 (Mondelo, 2001)

2) Se obtuvo el rango de preferencia de temperatura operativa utilizando el MDA, se realizó lo siguiente:

- a. Se clasificó todas las respuestas por sensación térmica con su respectivo dato de la temperatura operativa, como se puede ver en la figura 4 (Anteriormente se analizó el grado de correlación entre estos últimos valores mencionados).

Temperatura operativa	Respuesta de sensación térmica	Escala de Sens. Term.
33.1	Mucho calor	3
34.4	Mucho calor	3
33.0	Mucho calor	3
32.5	Mucho calor	3

  
 Así consecutivamente hasta las respuestas de sensación de frío

Figura 4 – Ejemplo de clasificación de los datos por respuesta de sensación térmica.

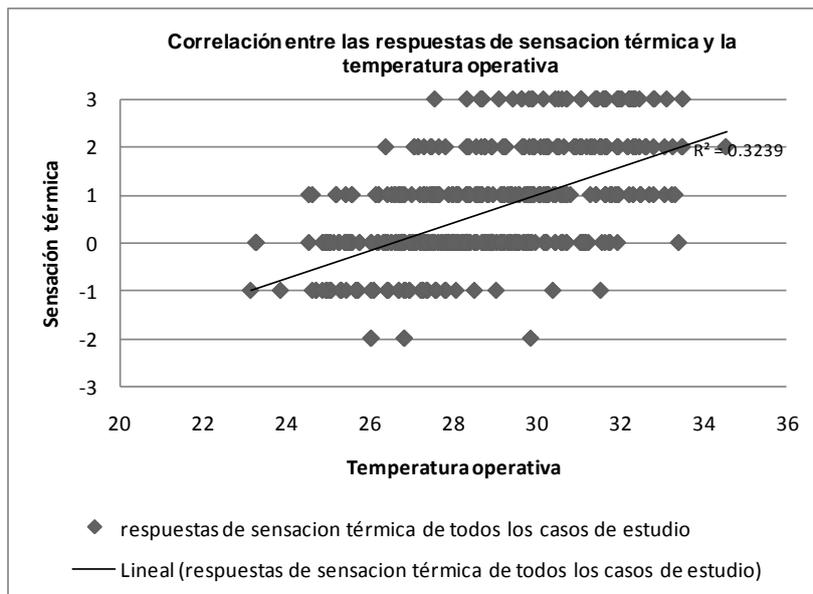
- b. Se obtuvo la media para cada grupo de sensación térmica tomando el valor de la temperatura operativa (TO).
  - c. Posteriormente se obtuvo  $\pm 1 \delta$  y  $\pm 2 \delta$  para cada grupo de sensación térmica tomando el valor de la TO.
  - d. El valor que se toma como rango de preferencia es el de  $\pm 2 \delta$  (siendo rango extenso de acuerdo al MDA). Para encontrar el valor de  $-2 \delta$  se toma el dato donde se intercepta la línea de tendencia de  $-2 \delta$  entre la sensación térmica de confort (0) y se traza una línea recta vertical hacia el eje de las “X” y ese sería el valor de  $-2 \delta$  de temperatura operativa. De igual forma se realiza este procedimiento para obtener el valor con  $+2 \delta$ . Otra opción para obtener el valor del cruce entre las líneas de tendencia con la sensación de confort (0) es utilizando la ecuación obtenida de la línea de tendencia, sustituyendo en “Y” el valor de cero (0) y despejando “X”.
- 3) Para obtener el rango de preferencia de la humedad relativa utilizando el MDA se realizó lo siguiente:
- a. Se clasificaron todas las respuestas por sensación de humedad percibida para cada caso.
  - b. Se determinó la media para cada grupo de sensación de humedad tomando el valor de la humedad relativa que se registró al momento de realizar el cuestionario.
  - c. Se obtuvo  $\pm 1 \delta$  y  $\pm 2 \delta$  para cada grupo de sensación de humedad tomando el valor de la humedad relativa.
  - d. El valor que se toma como rango de humedad preferida es el de  $\pm 2 \delta$ .

## 4. RESULTADOS

Los resultados se presentan en el siguiente orden: 1) Correlación entre la sensación térmica y la temperatura operativa. 2) Gráficas de obtención de los rangos preferidos para la temperatura operativa y de humedad preferida, obtenidos con  $\pm 2 \delta$ . 3) Zona de confort con los rangos obtenidos en el eje de las “X” la temperatura operativa y en el eje de las “Y” la humedad relativa. 4) Ejemplos de casos con el uso de la zona de confort obtenida.

### 4.1. Correlación entre la sensación térmica y la temperatura operativa.

En la correlación entre la sensación térmica percibida por las personas y la temperatura operativa se observó que conforme aumenta la temperatura operativa aumenta la sensación de calor de las personas y de igual forma disminuye la sensación térmica cuando la temperatura operativa se reduce (ver figura 5).



3	2	1	0	-1	-2	-3
Mucho calor	calor	algo de calor	confort	Algo de frío	frío	mucho frío

Figura 5- Correlación entre las respuestas de sensación térmica y la temperatura operativa.

4.2. Gráficas de obtención de los rangos preferidos para la temperatura operativa y de humedad preferida, obtenidos con  $\pm 2 \delta$ .

El rango obtenido para la temperatura operativa se muestra a continuación.

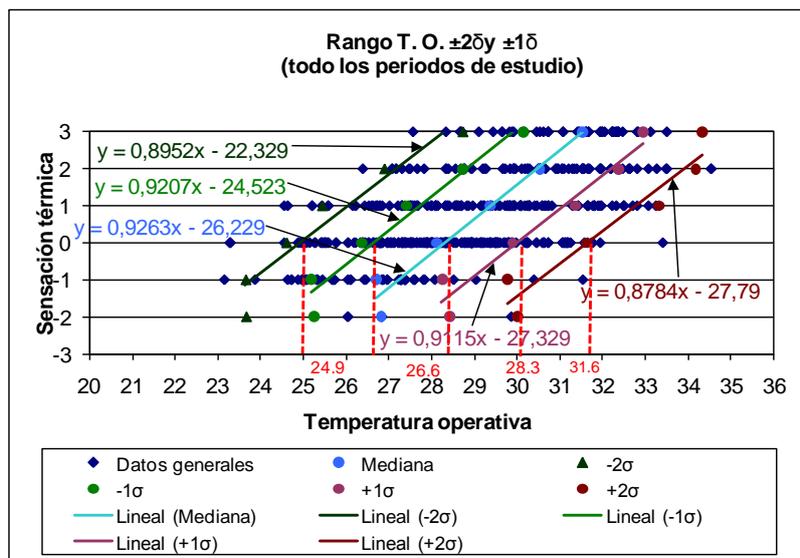


Figura 6 – Ejemplo de clasificación de los datos por respuesta de sensación térmica.

Como puede observarse en la figura 6 el valor encontrado de  $-2 \delta$  fue de 24.9 y con  $+2 \delta$  fue de 31.6 de temperatura operativa, por lo tanto el rango para la temperatura operativa redondeando los valores quedó de 25 a 32. En la gráfica se indican las ecuaciones de la recta correspondientes a cada línea de tendencia, también se presenta el valor resultante de la intersección entre la temperatura de confort (0) y las líneas de tendencia, se señala con una línea vertical de color rojo la intersección con el eje de las “X” para encontrar el respectivo valor de la temperatura operativa.

Para el caso de la preferencia de humedad relativa se realizó el mismo procedimiento de MDA empleado en los rangos de confort térmico, solo que los datos utilizados fueron a partir de la correlación de las respuestas de sensación hídrica y la humedad relativa registrada al momento de la entrevista.

A continuación se presenta en la figura 7 el resumen de los rangos encontrados tanto para la temperatura operativa como para la humedad relativa.

	Rango de temperatura operativa	
	$\pm 1\delta$	$\pm 2\delta$
Análisis de todo el periodo de estudio	de 27 a 30	de 25 a 32
	Rango de humedad relativa	
	$\pm 1\delta$	$\pm 2\delta$
Análisis de todo el periodo de estudio	de 35 a 59	de 23 a 70

Figura 7 – Rangos de temperatura operativa y de humedad relativa.

4.3. Zona de confort con los rangos obtenidos utilizando en el eje de las “X” la temperatura operativa y en el eje de las “Y” la humedad relativa.

La zona de confort se definió en base a los rangos obtenidos con  $\pm 2 \delta$  para todo el periodo de estudio. Estos valores se graficaron en la figura 8 utilizando en el eje de las “X” la temperatura operativa y en el eje de las “Y” la humedad relativa.

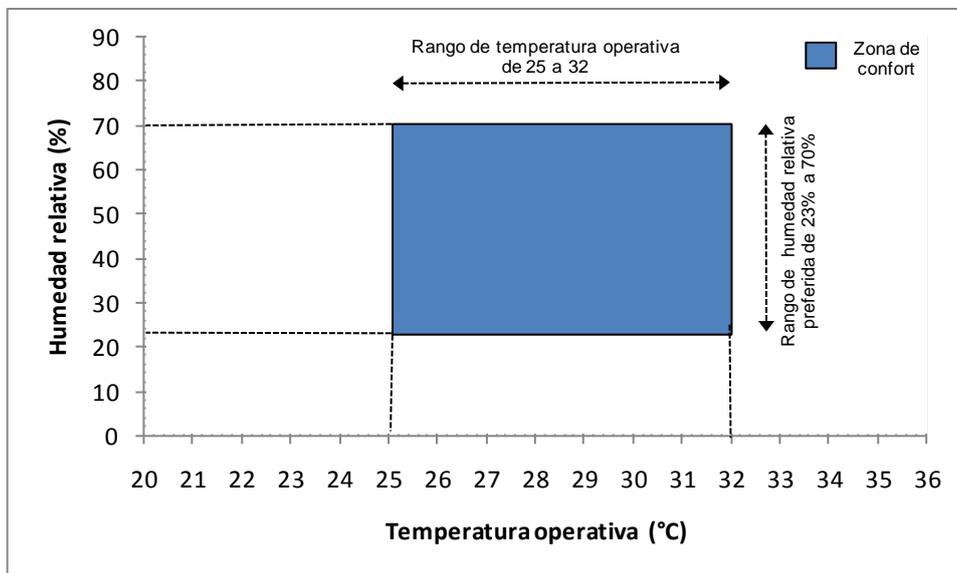


Figura 8 – Zona de confort utilizando la temperatura operativa y la humedad relativa.

4.4. Ejemplos de casos con el uso de la zona de confort obtenida.

A continuación se presenta 4 ejemplos donde se exponen las condiciones de los parámetros físicos y la temperatura operativa comparándola con la zona de confort obtenida.

No. de Ejemplo de caso	Condiciones de los parámetros climáticos				Temperatura operativa	Relación con la zona de confort obtenida
	Temperatura de bulbo seco	Temperatura de globo	Humedad relativa	Velocidad del viento		
1	34	39	75	0.15	31.2	Fuera de la zona
2	28	29	65	0.15	28.2	Dentro de la zona
3	24	26	45	0.2	25.7	Dentro de la zona
4	23	25	30	0.6	24.6	Fuera de la zona

Figura 9 – Ejemplos de caso comparándolo con la zona de confort obtenida.

Para observar claramente cada caso, se grafican los ejemplos en la zona de confort obtenida:

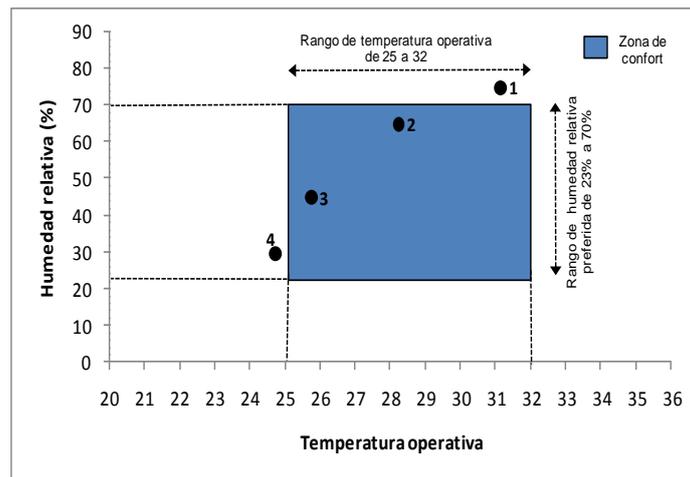


Figura 10 – Ejemplos de caso comparándolo con la zona de confort obtenida.

En la figura 10 se puede observar que la temperatura operativa integra los diferentes valores climáticos en un solo dato; que luego relacionándolo con la humedad relativa podemos ubicarlo en la zona de confort, dándonos la posibilidad de observar distintos casos con sólo variar cada parámetro. Por ejemplo para el caso “1” se añadieron valores altos para los diferentes parámetros dándonos como resultado que se encuentre fuera de la zona de confort, mientras que para el caso 2 y 3 se utilizaron datos intermedios, y es por ello que se encuentran dentro de la zona de confort. Por último, para el caso 4 se añadieron temperaturas relativamente bajas, así como de humedad relativa también y se aumentó la velocidad del viento en comparación de los demás casos dando resultado a que se encuentre fuera de la zona de confort hacia la parte inferior de la gráfica.

Es importante mencionar que también se realizó el análisis de los demás factores que afectan al confort térmico, por ejemplo con el tipo de vestimenta se analizó y se encontró generalmente que las personas en su mayoría llevaban a un tipo de vestimenta ligero, esto sería 0,5 clo aproximadamente (camisa o playera manga corta y pantalones largos de tela ligera o bermuda o short). En relación con los factores internos que afectan a la preferencia térmica no se encontraron valores que pudieran afectar de manera significativa la preferencia de temperaturas de las personas. En el caso de las edades existió sólo una pequeña variación de temperaturas entre el grupo de 12 a 25 años con respecto al grupo de 26 a 50 años, que fue de 0,5 °C. En cuanto a la constitución corporal (IMC) lo relevante fue que se encontró que las personas que tenían un IMC de bajo peso (<18.5°C) preferían una temperatura mayor que las de IMC normal, sobrepeso y obesidad. De acuerdo a este análisis los rangos de confort térmico y de humedades en este trabajo, las personas deben tener puesta una vestimenta de tipo ligera, esto es 0,5 clo (camisa o playera manga corta y pantalones largos de tela ligera o bermuda o short); y estar en estado de reposo.

## 5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluyen los siguientes puntos:

Como primer aspecto es importante mencionar que además de que la obtención de la temperatura operativa es relativamente sencilla, este resume la temperatura del aire, la temperatura de globo y la velocidad del aire del ambiente térmico en un solo valor. Y al realizar la correlación en un gráfico entre la preferencia de humedad con respecto a los rangos de temperatura operativa encontrados, finalmente se utilizan cuatro parámetros climáticos, siendo esto importante para el análisis del confort térmico de las condiciones de un espacio en particular.

En la correlación entre la sensación térmica percibida por las personas y la temperatura operativa se obtuvo un factor bajo de correlación, aunque se observa en la línea de tendencia una relación apreciable entre estos dos factores, cuando la sensación térmica aumenta, la temperatura operativa también aumenta.

Con respecto a los rangos obtenidos de temperatura operativa (de 25° C a 32° C) la amplitud resultó de 7° C. Mientras que la amplitud de la curva de confort de Fanger (1972) es aproximadamente de 10° C. Se puede suponer esta diferencia al factor adaptativo, ya que el índice no se desarrolló con personas aclimatadas a condiciones de humedad alta. Se infiere esto a partir resultados obtenidos de la comparación de los resultados en los rangos de confort de humedad obtenidos para Colima con respecto a los de Olgay y de Givoni, los cuales a lugar de ampliarse para las condiciones subhúmedas de Colima, este fue mas corto (Ruiz Torres y Gómez-Azpeitia, 2008).

Con respecto a la zona de confort encontrada entre la correlación de la humedad relativa y la temperatura operativa (figura 10), se observa que resulta práctico y sencillo la manipulación de los parámetros físicos y su lectura para determinar si se encuentra dentro o fuera de la zona de confort. Esto permite analizar diferentes situaciones modificando los parámetros físicos y observar cómo se desplaza en la zona de confort encontrada cada caso que se desee suponer. De igual forma al integrar cuatro factores, el análisis de las condiciones de confort es más completo que si solo estuviéramos utilizando la temperatura del aire y la humedad relativa.

Como conclusión general se considera que es factible adaptar los estándares y zonas de confort con el uso de índices de confort térmico a partir de un proceso estadístico de datos obtenidos de estudios de campo, es decir generar estándares locales de confort. En el caso concreto de la utilización de la temperatura operativa, brinda la oportunidad de integrar cuatro parámetros físicos para definir la zona de confort, y de este modo poder evaluar de acuerdo a las condiciones de los parámetros físicos antes mencionados, si el ambiente térmico es confortable para las personas de dicha localidad donde se realizó el estudio. Es importante mencionar que se debe seguir explorando con otros procedimientos estadísticos siguiendo el enfoque adaptativo, ya que es sumamente difícil relacionar todos los factores que intervienen en la preferencia térmica de las personas. Así también es, necesario explorar otros índices de confort térmico e inclusive la generación de nuevos índices basados en estudios de campo. Los resultados encontrados pueden ser parámetros de referencia del ambiente térmico en climas parecidos al de Colima, sin embargo, lo más conveniente es el desarrollo de investigaciones locales.

## 6. REFERENCIAS

- COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL (2008). "Edificación sustentable en América del norte", Informe conforme al artículo 13 del acuerdo de cooperación ambiental de América del norte.
- FANGER, P. O. (1972). Thermal confort. McGraw-Hill. Nueva York. Calculation of thermal confort. Introduction of a basic confort ecuation. En AAE, Transaction, Vol II, No. 73.
- GIVONI, B., (1998), Climate Considerations in Building and Urban Design, E.E.U.U., International Thompson Publishing,
- GIVONI, B. (1989). Urban design in diferent climates. U.S.A., World Meteorological Organization.
- GÓMEZ AZPEITIA, G., GOZALEZ, E. TEJEDA, A., RUIZ, P. AND BRAVO, G. (2008) "**Defining variable thermal confort limits in fields studies**". Mecanoscrito inédito.
- GÓMEZ AZPEITIA, G., GONZALO BOJÓRQUEZ M., RUIZ TORRES R.P., (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. PALAPA, Revista de investigación científica en Arquitectura, Universidad de Colima, Vol. 2, Núm. 1.
- GONZÁLEZ, EDUARDO, Y BRAVO, GAUDY. (2003). Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas. Revista ambiente construido, Associacao Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido, Porto Alegre, 2003.
- ISO International Organization for Standardization. (1995). ISO10551:1995 (E) Ergonomic of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, Switserland, 1995.
- MONDELO, PEDRO,(2001), Ergonomía 2: Confort y estrés térmico, edicions UPC, S.L. Universitat politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 3ª. Edición, México, Alfaomega, Grupo Editor.
- NICOL, J.F., Y HUMPHREYS, M.A. (2002). Adaptive termal confort and sustainable termal standards for buildings. Energy and Buildings, 34, 563-572.
- RORIZ, M, (2003). Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: uma hipótese de modelo adaptativo, ENCAC-COTEDI, 5 a 7 de novembro de 2003. Curitiba, Brasil.
- RUIZ TORRES R.P Y GÓMEZ AZPEITIA, G. (2008). "Rango de confort térmico y de humedad en la ciudad de colima". Memoria del ANES, código ABC-11, 32 Semana Nacional de Energía Solar. Mérida, Yucatán, México. Octubre de 2008.
- TAREB. (2004). Energía Confort y Arquitectura. Módulo troncal del proyecto EU TAREB. London Metropolitan University.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores le agradecen al Fondo Sectorial CONACYT-CONAVI, organismo que financió el proyecto al cual estaba relacionado el estudio en campo, llamado "Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: regiones de clima cálido seco y húmedo". Y al fondo Ramón Álvarez Buylla de Aldana de la Universidad de Colima que a su vez financió el proyecto "Determinación del rango de confort térmico para los habitantes de la ciudad de Colima".