

# AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICACIONES CON AIRE ACONDICIONADO

## ENERGY SAVING IN BUILDINGS WITH AIR CONDITIONING

**Ayala-Moreno Alma Angelina**

Departamento de Arquitectura y Diseño, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Hermosillo, Sonora, 83000, México.

### RESUMEN

El presente documento muestra resultados de una investigación sobre la percepción del confort térmico. Se trata de un estudio de caso en los edificios del campus central de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo, ubicada en una región de clima cálido seco. La investigación consistió en un estudio de campo para conocer las preferencias térmicas de las personas aclimatadas al clima local y al uso de edificaciones climatizadas artificialmente. El estudio arrojó resultados que muestran el potencial de ahorro de energía, puesto que la temperatura neutral (o de confort) obtenida fue de 26.9°C, y la temperatura media registrada de los termostatos al interior de los edificios fue de 22.3°C, es decir, 4.6°C por debajo de la temperatura neutral. Esto muestra que realizando los ajustes correspondientes en las temperaturas operativas de los sistemas de climatización artificial en base a los datos de percepción específicos para cada tipo de población y clima, puede lograrse un considerable ahorro de energía.

**Palabras clave:** confort térmico, clima cálido seco, aire acondicionado, energía.

### ABSTRACT

This document shows the results on thermal comfort perception over the University of Sonora central campus buildings, in Hermosillo, México, which has a warm dry climate. The field study was conducted with the aim of knowing the thermal preferences of people acclimatized to local climate and to the use of artificially cooled buildings. The study yielded results that show the potential energy saving, because of neutral temperature (or comfort temperature) obtained was 26.9°C, and the average temperature recorded from thermostats inside the buildings was 22.3°C, i.e., 4.6°C below the neutral temperature. This shows that, by making adjustments in the operating temperatures of air-conditioning systems based on specific data collection for each type of population and climate, it's possible to achieve considerable energy saving.

**Keywords:** thermal comfort, warm dry climate, air-conditioning, energy.

### INTRODUCCIÓN

En México, el 20% del consumo total de energía corresponde a los edificios (SENER, 2011) por lo que en la arquitectura radica la responsabilidad del consumo energético de éstos. En climas extremos el consumo energético de las edificaciones aumenta significativamente debido al uso de climatización artificial.

En este documento se presentan algunos resultados de una investigación realizada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, ubicada en una región de clima cálido seco.

Según la clasificación climática de Köppen, el clima en Hermosillo es de tipo desértico cálido (árido) y se designa como BWh. Estos desiertos se ubican sobre áreas interiores entre los 15° y los 35° de latitud. Se caracterizan por su aridez extrema y sus escasas e irregulares precipitaciones, que son inferiores a los 250 mm anuales, lo que provoca la sequedad del aire, ya que el balance precipitación/evaporación es siempre deficitario. Las temperaturas en este clima son elevadas en el período que el sol está alto, alcanzando hasta los 50°C a la sombra (Inzunza, 2005). Los grandes desiertos del mundo se encuentran en esta clasificación: toda la franja Norte de África, la península arábiga y otras zonas del Asia occidental, gran parte de Oceanía y, en Norteamérica, los desiertos de Sonora, Baja California y Coahuila, que abarcan algunas zonas de los estados de Sonora, Baja California Norte y Sur, Chihuahua y Coahuila, en México, y Arizona y Nevada, en Estados Unidos.

En estas zonas, lograr el confort térmico al interior de las edificaciones constituye el principal objetivo (Belgaid, 2011). Para ello, las comunidades locales han adoptado, a lo largo de la historia, diversas estrategias de carácter pasivo. En la actualidad, con el desarrollo de la tecnología, se utilizan medios activos de acondicionamiento de aire para lograr el confort térmico. Se ha abusado tanto de esta práctica, que las estrategias pasivas han ido dejándose de lado. Esto ha ocasionado un uso excesivo de energía para lograr el acondicionamiento climático en interiores, lo que ha llevado a los investigadores a profundizar en el estudio del confort térmico con el objetivo de promover la reducción en el consumo de energía.

Es importante recalcar que en estas zonas de clima extremo no es posible lograr las condiciones de confort con sistemas pasivos, por lo que es necesaria la climatización artificial, pero el diseño y operación de ella no necesariamente debe obedecer a estándares internacionales que se han obtenido de estudios realizados en zonas climáticas distintas a la local, sino que es importante considerar el nivel de adaptación de las personas al clima local, que modifica la percepción del confort.

El presente documento muestra resultados de una investigación sobre la percepción del confort térmico en clima cálido seco. El objetivo de esta investigación fue ubicar en un rango térmico la percepción de los habitantes de este clima, para ello se realizó un estudio de caso en los edificios del campus central de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo.

Un estudio similar se llevó a cabo en el contexto urbano de la ciudad de Hermosillo como parte de un proyecto interinstitucional financiado por CONAFOVI (actual CONAVI) denominado "Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: Regiones de clima cálido seco y húmedo", en el que se realizaron numerosos estudios sobre confort térmico en viviendas económicas en siete ciudades del territorio mexicano, correspondientes a clima cálido seco y cálido húmedo (Marincic *et al.*, 2009). En la ciudad de Hermosillo Marincic *et al.* (2009) realizaron un estudio de campo para conocer las preferencias térmicas de las personas aclimatadas al clima local. Para ello se efectuaron mediciones de las principales variables climáticas exteriores e interiores en viviendas de interés social sin climatización artificial y simultáneamente se aplicó una encuesta para determinar la sensación térmica de sus usuarios. Con la base de datos obtenida de estas encuestas, se determinó una temperatura de neutralidad (que representa la temperatura de confort)

que resultó elevada, lo que permite visualizar el efecto de los mecanismos de adaptación de las personas a los climas extremos.

Cabe destacar que dicho antecedente se enfocó a vivienda sin climatización artificial y el presente estudio se enfocó a edificios educativos con aire acondicionado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Definido el objeto de estudio como confort térmico en zonas de clima cálido seco, se delimitó a edificios climatizados artificialmente en el campus universitario de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo; teniendo así como población total a la comunidad universitaria que realiza sus actividades dentro de estos edificios, conformada por alumnos, docentes y empleados administrativos. Se determinó una muestra y se procedió a la recolección de datos por medio de encuestas y mediciones físicas (ver Figuras 1 y 2). Posteriormente se conformó una base de datos a partir de la cual se realizó el análisis.

Para la investigación realizada por Marincic *et al.* (2009) se diseñó un instrumento consistente en un cuestionario acorde a las normas ISO 10551 e ISO 7730 y a la par se recabaron datos climáticos por medio de un equipo de monitoreo de estrés térmico conforme a ISO 7726. Para la presente investigación se tomó de base dicho cuestionario y se procedió a la adecuación de los reactivos en base a las características de la población y al contexto.

La aplicación del cuestionario se realizó a un total de 245 integrantes de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y empleados) en periodo de verano (del 22 de agosto al 2 de septiembre de 2011) cuando están en operación los equipos de aire acondicionado en todos los edificios (Figura 1). Al momento de la aplicación del cuestionario se realizaron también mediciones físicas con el ya mencionado



**Figura 1.** Aplicación de encuestas y mediciones físicas en periodo de verano en aula con aire acondicionado.  
**Figure 1.** Surveys application and physical measurements in summer period in air-conditioned classroom.

equipo de monitoreo de estrés térmico conforme a ISO 7726, usado por Marincic *et al.* (2009) (Figura 2).

El método utilizado para el análisis de datos es el propuesto por Gómez Azpeitia *et al.* (2009), denominado de regresión de medias con dispersión asociada, o actualmente denominado de medias por intervalo de sensación térmica (MIST), que se basa en la propuesta de Nicol (como se cita en Gómez Azpeitia *et al.*, 2009) para los climas "asimétricos", que consiste en utilizar la estadística descriptiva en la determinación de la temperatura de neutralidad.



Figura 2. Monitor de estrés térmico con el que se realizaron las mediciones físicas.

Figure 2. Thermal stress monitor used for physical measurements.

El método de regresión consiste en obtener una línea que caracteriza a toda la muestra, pero para el de medias por intervalo de sensación térmica (MIST) primero se determinan grupos o estratos de la muestra estudiada y luego se obtiene la línea de regresión que caracteriza a los grupos para calcular el valor promedio y la desviación estándar de cada uno de ellos, es decir la regresión no se hace con todos los pares de datos de la muestra, sino sólo con los valores medios y los rangos se van estableciendo mediante la adición y sustracción de una o más veces la desviación estándar de la muestra (Gómez Azpeitia *et al.*, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se mencionó, la aplicación de las encuestas se llevó a cabo durante el periodo de verano del 22 de agosto al 2 de septiembre de 2011, en un intervalo de horarios entre las 8:00 de la mañana y las 5:00 de la tarde. Se aplicó un total de 245 encuestas. El rango de edades de los encuestados va de los 17 a los 59 años. La actividad predominante de los encuestados fue pasiva y el tipo de vestimenta mayormente ligera. Las respuestas indican que el 44% de los encuestados manifiesta una sensación de confort térmico. Sin embargo, las respuestas muestran una tendencia hacia la sensación de frío por el 47% de los encuestados y tan sólo el 9% manifestó sensación de ligero calor.

Por el método de medias por intervalo de sensación térmica (MIST) se obtuvo la temperatura neutral ( $T_n$ ) de 26.9°C y un reducido rango de confort térmico que va de los 25.3°C a los 28.5°C (Figura 3).

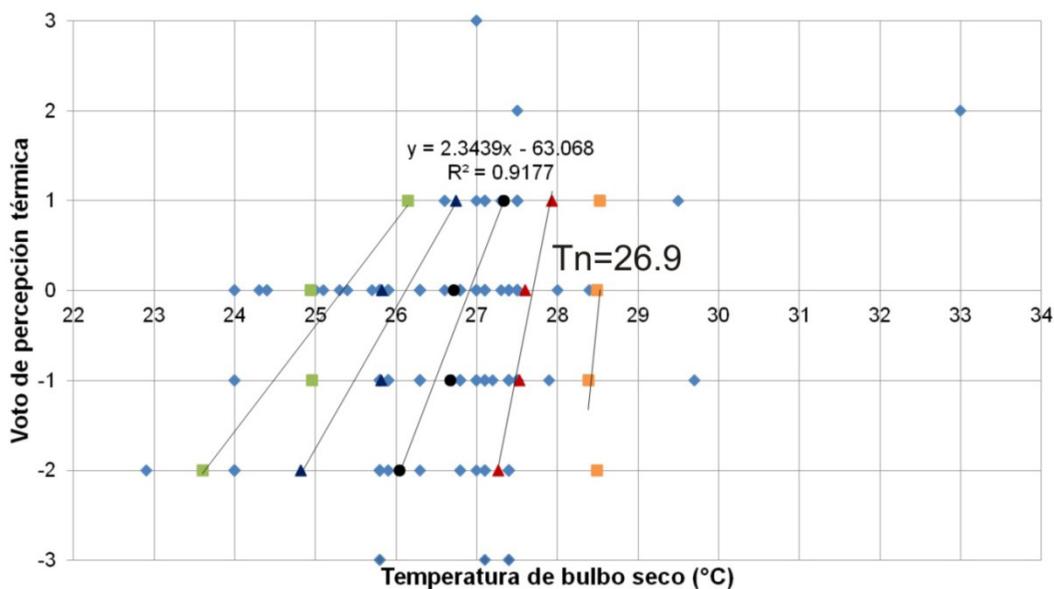


Figura 3. Aplicación del MIST para calcular la Temperatura de Neutralidad ( $T_n$ ).

Figure 3. MIST application to calculate the Neutral Temperature ( $T_n$ ).

Por otro lado, al momento de aplicar las encuestas y realizar mediciones, también se recabaron las temperaturas operativas de los termostatos. La temperatura media de los termostatos al interior de los edificios fue de 22.3°C, que está por fuera del rango de confort obtenido según las respuestas de los encuestados y 4.6°C por debajo de la temperatura neutral.

### Análisis comparativo de resultados

La temperatura neutral de 26.9°C en verano con aire acondicionado obtenida en este estudio resultó mucho más baja que la del estudio realizado por Marincic *et al.* (2009) en verano en vivienda naturalmente ventilada. Esto se debe, probablemente, a que los usuarios de las viviendas estaban habituados a no tener aire acondicionado y tienen diferentes expectativas. En este sentido, De Dear y Brager (1998), realizaron un estudio comparativo entre edificios con climatización artificial y naturalmente ventilados, cuyos resultados muestran que el rango de temperaturas de neutralidad en edificios climatizados artificialmente fue más bajo y reducido (de 21 a 25°C) que en edificios naturalmente ventilados.

En estudios realizados para clima cálido seco, en edificios con aire acondicionado, las temperaturas de neutralidad obtenidas son similares a la reportada en este estudio. Al-ajmi y Loveday (2010) realizaron un estudio de campo durante el periodo de verano en edificios domésticos con aire acondicionado en Kuwait, y obtuvieron una Tn de 25.2°C. Otro estudio de campo similar en mezquitas en Kuwait reportó una Tn de 26.1°C (Al-ajmi, 2010).

Como puede verse en los resultados de estudios en clima cálido seco, las temperaturas neutrales están por arriba del rango obtenido en el estudio de De Dear y Brager, realizado en diversas ciudades alrededor del mundo, con climas diversos.

### CONCLUSIONES

La percepción térmica es un proceso muy complejo del cerebro humano que, debido a su individualidad, puede ser muy distinta de un sujeto a otro, aunque las circunstancias que los rodean sean las mismas al momento de emitir los votos. Debido a esta variabilidad de respuestas no se puede determinar una temperatura específica de confort, por lo que los métodos estadísticos ayudan a obtener una aproximación por medio de la temperatura de neutralidad, la cual se encuentra dentro de un rango de confort, que es más representativo del conjunto de respuestas obtenidas.

La estandarización o generalización, sin tomar en cuenta la percepción y la adaptación humana a los ambientes locales, en lugar de optimizar los sistemas de climatización artificial puede provocar lo contrario. Por lo que el incremento de las temperaturas operativas de aire acondicionado representa una importante oportunidad para ahorrar energía.

Cada grado Celsius incrementado en el termostato puede representar un significativo ahorro de electricidad, que impacta directamente en la economía de los usuarios, y es un paso que contribuye a lograr una armonía con el ambiente.

La importancia de este estudio de campo radica en que muestra el potencial de ahorro de energía. Tomando en cuenta los datos de temperaturas neutrales específicas para cada tipo de población y clima se pueden realizar los ajustes correspondientes en las temperaturas operativas de los sistemas de climatización artificial.

La capacidad humana de adaptación es una cuestión muy importante a ser considerada para el ahorro de energía y es la clave para vivir en armonía con el ambiente, respetando la naturaleza.

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo a la formación. Al proyecto "Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: Regiones de clima cálido seco y húmedo", financiado por CONAVI y CONACYT, por las bases para esta investigación. A las doctoras Irene Marincic y Guadalupe Alpuche y a los doctores José Manuel Ochoa, Gabriel Gómez Azpeitia y Arturo Valencia por todas sus enseñanzas y su apoyo.

### REFERENCIAS

- Al-ajmi, F.F. 2010. Thermal comfort in air-conditioned mosques in the dry desert climate. *Building and Environment*. 45 (11): 2407-2413.
- Al-ajmi, F.F. y Loveday, D.L. 2010. Indoor thermal conditions and thermal comfort in air-conditioned domestic buildings in the dry-desert climate of Kuwait. *Building and Environment*. 45 (3): 704-710.
- Belgaid, B. 2011. Building thermal performance in Saharan climate. *International journal of energy and environment*. 2 (2): 261-266.
- De Dear, R.J. y Brager, G.S. 1998. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. *ASHRAE Transactions*. 104: 145-167.
- Gómez Azpeitia, G., Bojórquez, G., Ruiz, P., Romero, R., Ochoa, J., Pérez, M., Reséndiz, O. y Llamas, A. 2009. Comfort Temperatures Inside Low-Cost Housing. Case: six warm climate cities in Mexico. *PLEA 2009-26th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Quebec City, Canada, 22-24 June 2009.
- Inzunza, J. C. 2005. Clasificación de los climas de Köppen. *Ciencia... Ahora*. 15 (8).
- Marincic, I.; Ochoa, J. M.; Alpuche, M. G. y Gómez-Azpeitia, G. 2009. Adaptive Thermal Comfort in Warm Dry Climate: Economical dwellings in Mexico. *PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Quebec City, Canada, 22-24 June 2009.
- SENER. 2011. Balance Nacional de Energía 2010. Secretaría de Energía. México.