

EFFECTO DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO SOBRE EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDA SOCIAL DE GUADALAJARA: UNA PROPUESTA

César Armando García Barragán^a

Victor Hugo González Becerra^b

^aMaestrante en: Maestría en Ergonomía con orientación en diseño, Centro Universitario de Arte Arquitectura y Diseño, Universidad de Guadalajara, barraganzambrano_ark@hotmail.com, Guadalajara, Jal. México.

^bProfesor de Tiempo Completo, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, victor.becerra@profesores.valles.udg.mx, Guadalajara, Jal. México.

Resumen.

Se realizó un estudio cuasi-experimental para evaluar el efecto de la diferencia en el diseño arquitectónico sobre el confort térmico en un par de viviendas en las condiciones de invierno de la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Participaron 8 jóvenes con edades de entre 22 y 39 años. Cada participante realizó un test de sensación térmica en distintas áreas de la vivienda (i.e., sala, cocina, recámaras) los participantes se dividieron en dos grupos, cada grupo se presentó por separado en un periodo de cuatro días por grupo sumando ocho días en total. Se controló el lugar, la actividad física y vestimenta de los participantes en el sentido de que las condiciones fueron las mismas para cada uno de ellos. Además, se evaluó el ambiente térmico al exterior e interior de la vivienda en las mismas áreas en las que los participantes respondieron los test de sensación térmica. Por el momento se muestran los resultados preliminares de los resultados durante el clima frío en el mes de enero. Al respecto se encontraron diferencias en la sensación térmica y en el ambiente térmico. También, se encontró que en climas fríos las viviendas favorecen el confort térmico. La discusión gira en torno a la necesidad de considerar las variables que influyen en dichas diferencias, tomando en cuenta algunas propuestas de ergonomía en las viviendas (Fanger, 1970; Pearson, 2000), de entre las cuales se considera la necesidad de crear una fórmula que permita evaluar el diseño arquitectónico.

Palabras clave: Ambiente Térmico, Sensación Térmica, Confort Térmico, Diseño Arquitectónico, Vivienda.

Introducción

Uno de los principales objetivos de la Ergonomía es alcanzar los más altos niveles de bienestar para los usuarios por medio de la adecuada configuración en la interacción del hombre-objeto-entorno, se plantea que esto solo es posible cuando se obtiene seguridad, eficiencia y confort (Prado & Ávila, 2014). Incorporar estas condiciones ofrece nobles beneficios en cualquier situación, sin embargo, es una meta lejana en muchos casos. Por ejemplo, en la vivienda social, Prado & Ávila (2014) mencionan que no se realiza un diseño centrado en el usuario en los edificios de apartamentos u oficinas, lo que ocasiona insatisfacción, añaden que los usuarios deben ser estudiados para poder considerarlos de la manera más objetiva posible. Los resultados de la investigación aplicada en seis estados de México realizada por Romero, et al (2011) confirman la falta de conocimientos en torno a las necesidades de los usuarios pues encontraron entre otros datos que en todas las ciudades estudiadas los usuarios perciben su vivienda como “poco comfortable”.

Rey & Velazco (2007) mencionan que uno de los temas de creciente interés en torno a la vivienda social es el confort térmico, condición que no se cumple en la mayoría de los casos. Para la evaluación del confort térmico, Fanger (1970) definió las variables de nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire. Castejón (1983) comenta que la ecuación desarrollada por Fanger establece la relación entre tres tipos de variables, la vestimenta, la actividad y el ambiente térmico.

Los datos de las investigaciones de Fanger han dado las pautas para las evaluaciones de confort térmico y ambiente térmico, son tan relevantes que están presentes incluso en normativas internacionales. Nadie resta crédito a dichas investigaciones, sin embargo, en la opinión de diversos investigadores la tendencia para ampliar los alcances en materia de ambientes construidos es evaluar de forma integral, en vez de evaluar los componentes por separado, a continuación se presentan algunas investigaciones como ejemplo.

Parsons (2000) realizó una investigación de los diferentes métodos utilizados en la evaluación de los factores ambientales en los ambientes construidos, en su búsqueda encontró pocos estudios en la ergonomía de ambientes construidos; mencionó que es una clara demostración de los pocos investigadores e instituciones que consideran la respuesta humana sobre el medio ambiente en su conjunto. Regularmente, los entornos son evaluados a partir de los componentes por separado, no obstante, los ocupantes están expuestos a estos componentes de manera integral. Añade que es fundamental tener mayor conocimiento en las interacciones ambientales y que los desarrollos futuros en esta área deben dar lugar a una mayor capacidad de predicción de los modelos.

Lima, Campos & Villarouco (2012) realizaron un cartografía de la investigación académica en la disciplina científica de la ergonomía en el contexto del entorno construido. Los autores mencionan, al igual que Parsons (2000), que la aplicación de la ergonomía no se realiza de manera integral y consideran que esta es un área sin explorar. También, identificaron los temas de estudio abiertos y cuestiones pendientes de resolver, agregando que aunque la arquitectura es uno de los pilares de la disciplina de la ergonomía en el entorno construido, no se incluye la ergonomía en los documentos de arquitectura. Estos temas solo se publican

en estudios de ergonomía, lo cual manifiesta una baja participación por parte de la disciplina de la ergonomía en la disciplina de la arquitectura.

Evaluar de manera integral el ambiente es una meta ambiciosa y para lograrlo se debe obtener más información de cada componente, como son afectados por otros factores y como son percibidos por los usuarios. En este sentido, la presente investigación propone que para la evaluación del confort térmico se debe establecer la relación del ambiente térmico con el diseño arquitectónico. Respecto a la última variable se consideran factores como la ubicación y tamaño de las ventanas que promueven la ventilación y facilitan la radiación solar interior, la superficie de desplante y la altura de entrepiso que definen los metros cúbicos de aire contenido, la distancia entre las ventanas, la orientación que da lugar a los muros y las ventanas que reciben radiación solar.

Ambiente térmico y confort térmico

El confort térmico es en realidad un concepto de la era moderna, fue en 1894 cuando se fundo la Sociedad Americana de la Ingeniería de la Calefacción, Refrigeración y Aire-acondicionado ASHRAE (por sus siglas en inglés), que empezaron a realizarse investigaciones científicas relacionadas con el confort. En dicha institución se definió al confort térmico como aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico.

De acuerdo con Fanger (1970) el ambiente térmico esta compuesto por las variables de temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire. El autor estableció que estas variables mantienen correlación con el nivel de actividad y la vestimenta. También propuso que para alcanzar el confort térmico se debe cumplir el equilibrio térmico, que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort y la temperatura media de la piel debe estar dentro de los límites de confort, en base a estos datos desarrollo la ecuación del PMV (por sus siglas en inglés), también conocida como Voto Medio Previsto con lo cual se puede predecir el porcentaje de población que no percibiría el ambiente como comfortable.

Aunado a lo anterior, Mondelo, Gregory, Comas, Castejón, & Bartolomé (2001) definen el confort térmico como la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente. Definición muy similar a la de la Norma ISO 7730(2005), “esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

Una definición mas elaborada que incluye las variables propuestas en el modelo de Fanger(1970) por parte de Mondelo, et al (2001) es que el Confort térmico es el estado de satisfacción con las características térmicas del ambiente, cuya condición básica, generalmente, es que exista el equilibrio térmico sin necesidad de sudar. Para una persona determinada que realice un nivel de actividad, con un vestido y un entorno dado, el equilibrio térmico se alcanzará con una combinación específica de temperatura media de la piel y pérdida de sudor.

Nicol & Humphreys (2002) proponen que además de las variables propuestas por Fanger (1970), hay variables dinámicas que se deben de tomar en cuenta, pues el ser humano puede realizar adaptaciones con la finalidad de alcanzar el confort, tanto internamente mediante procesos fisiológicos y psicológicos, como externamente con adecuaciones a su ambiente.

Siguiendo con las propuestas de confort térmico, Rey & Velazco (2007) sugieren que dicho término debemos entenderlo como el parámetro que nos indica cuando existe la posibilidad de que nos encontremos “bien” en un lugar determinado, desde el punto de vista termohigrotérmico exterior de la persona. Esta idea de confort se relaciona con el equilibrio térmico que debe de existir entre las ganancias de calor, debido al metabolismo del cuerpo, y las pérdidas de calor cedidas del mismo al ambiente por efecto de las actividades del individuo.

En cuanto a la relación del confort térmico y las condiciones de la vivienda se considera que el estudio de los niveles de confort debe tener en cuenta los parámetros y factores de la edificación que intervienen, con el objeto de lograr que la vivienda se encuentre dentro de la “zona de confort” mediante el diseño adecuado (Ruiz 2007).

Con base en lo comentado en el presente capítulo se considera que el confort térmico es una evaluación subjetiva en la que el usuario manifiesta su conformidad o inconformidad en relación al ambiente térmico al que se encuentra expuesto y la información hasta ahora establecida en los modelos térmicos sirve para determinar en donde se presenta un desequilibrio o que estrategia se debe implementar en caso de que el usuario se manifieste inconforme. Asumiendo que las estrategias más sencillas de aplicar van en función de la vestimenta o el nivel de actividad que se puede reducir o incrementar según sea el caso, el aspecto más complejo es cuando en el ambiente térmico uno o varios de sus componentes causan conflicto por estar muy por encima o por debajo del rango indicado para alcanzar el confort.

El diseño arquitectónico con relación al confort térmico

En relación al diseño arquitectónico se muestran algunas investigaciones que intentan identificar cuales son las necesidades de los usuarios en torno a la vivienda o que características del diseño arquitectónico influyen el ambiente térmico con lo cual el diseño afectara indirectamente al usuario, en el caso de la investigación de Matamoros (2010) quien realizó un estudio en cuatro municipios de La Habana con el objetivo de conocer las preferencias de la población en relación con el diseño de las viviendas. Entre otros resultados observó que para la inmensa mayoría de las personas los ideales espaciales están fuertemente vinculados a las condiciones de confort ambiental. Asegura que las personas valoran con mucha fuerza las condiciones ambientales favorables, al punto de incluirlas dentro de lo que consideran su ideal.

Existen diversas investigaciones donde se ha demostrado que modificando el diseño arquitectónico se afecta el ambiente térmico, como es el caso en la investigación realizada por Carrasco & Morillon (2004). Los autores encontraron que al realizar una simulación con el software TRNSYS 15 donde se hicieron adecuaciones a vivienda de tipología social se

observó, entre otras estrategias de diseño, que al aumentar cincuenta centímetros la altura de la losa, es decir, la distancia entre el piso y el techo, se mejoró notablemente el ambiente térmico interior, siendo este recurso más efectivo incluso que cambiar materiales constructivos.

Por su parte Monroy (2006) Asegura que algunos parámetros están relacionados con las condiciones físicas del ambiente del local y, por tanto, pueden ser previstos por el proyectista y controlados por el diseño arquitectónico y constructivo del edificio. En esta misma línea de investigación, Fuentes, Arvizu & Godard (2012), en base a los datos climatológicos propios de la región aplicaron diferentes métodos y obtuvieron un acercamiento cuantitativo y cualitativo del comportamiento térmico de forma predictiva, mediante gráficos elaborados con los datos obtenidos determinaron las zonas de comodidad térmica con lo cual proponen que es posible predecir el ambiente térmico interior posterior a un análisis de las viviendas en las cuales se aplicaría el estudio.

Oliveiraa & Gleice (2012) Analizaron la calidad de los espacios interiores en apartamentos de entre 50 y 60m² en la región noreste de Brasil, en la investigación se aplicó la observación técnica y cuestionarios con relación a la funcionalidad del diseño y la calidad de su ambiente. Los resultados muestran que el diseño del apartamento no siempre resuelve las necesidades del usuario, que las familias viven en condiciones relativamente inadecuadas. Enfatizan la necesidad de que el diseñador preste mayor atención a la aplicación de los principios de la ergonomía y tomar en cuenta las necesidades ergonómicas y funcionales de sus usuarios.

En general las investigaciones que aportan datos a este documento, intentan establecer algunas pautas para entender y solucionar de forma más integral y predictiva las necesidades de los usuarios de vivienda, la tendencia de este tipo de investigaciones en un futuro permitirá acuñar un campo de conocimiento que ofrezca mayor solución a las necesidades de los usuarios, son un esfuerzo conjunto con miras a resolver una problemática que actualmente afecta a millones de personas en todo el mundo.

Método.

Participantes.

Participaron cuatro hombres y cuatro mujeres que se seleccionaron por conveniencia, de entre 27 y 39 años de edad con estatura y peso considerados normales de acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria del Vestido CONAIVE (2012)

Escenarios

La investigación se desarrollo en dos escenarios definidos como “A” y “B” ver figura 1, como escenario “A” se considera a un apartamento del conjunto habitacional FOVISSTE Estadio con un área de 60 metros cuadrados y altura de entrepiso de 2.4 metros y el escenario “B”

es un apartamento ubicado en la colonia Ciudad del Sol, cuenta con un area de 70 metros cuadrados y una altura de entrepiso de 2.35 metros.

Los dos escenarios tienen un programa arquitectónico de Sala-comedor, cocina, patio de servicio, un baño completo y dos recamaras con closet. Ambos ubicados en el tercer nivel.



Figura 1. Plantas arquitectónica del escenario A y B. (Sin escala, no representa los materiales reales)

Fuente: Propia.

Materiales y equipo

Para la medición del ambiente térmico se utilizó el monitor QUESTEMP°10 y el anemómetro HHF11A previamente calibrados. Para la medición de la sensación térmica se aplicó la encuesta desarrollada por Romero, et al (2011). Se utilizó el programa AutoCAD 2014 para los levantamientos dimensionales de los apartamentos. Además se utilizaron bolígrafos, papel bond, flexómetro y cámara fotográfica.

Diseño del estudio

Por la naturaleza del experimento se establece que el estudio es de tipo cuasi-experimental, pues el control de las variables no es posible, el ambiente térmico es generado por el medio ambiente y este es poco predecible. La captación de la información fue transversal pues únicamente se registraron los datos de invierno en un periodo de ocho días. El muestreo fue seleccionado por conveniencia.

Procedimiento

La realización del cuasi-experimento invierno 2015 se realizó con dos grupos observadores y se llevo a cabo un contrabalanceo tipo A-B, B-A como se muestra a continuación en la tabla 1;

DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES
ESCENARIO A	G1		G1			G2		G2
ESCENARIO B		G2		G2	G1		G1	

Tabla 1. Calendario de asistencia a los escenarios A y B por parte de los grupos G1 y G2
Fuente: Propia.

La intención del contrabalanceo fue identificar un posible efecto acarreo, el cual no se presentó.

Tanto el grupo G1 como el G2 se integraron por dos participantes hombres y dos participantes mujeres. Antes de responder la encuesta debieron esperar 15 minutos como periodo de normalización, el horario fue entre las 11:00 am y la 1:00 pm del día, con una duración aproximada de 1.5 horas en un periodo de cuatro días por grupo, ocho días en total. La medición de las condiciones del ambiente térmico interior y exterior se realizó en el mismo horario con los instrumentos antes mencionados.

Resultados

A continuación se muestran resultados preliminares del levantamiento de invierno. En la figura 2 se pueden observar las temperaturas registradas al interior de ambos escenarios y se señala la zona de confort,

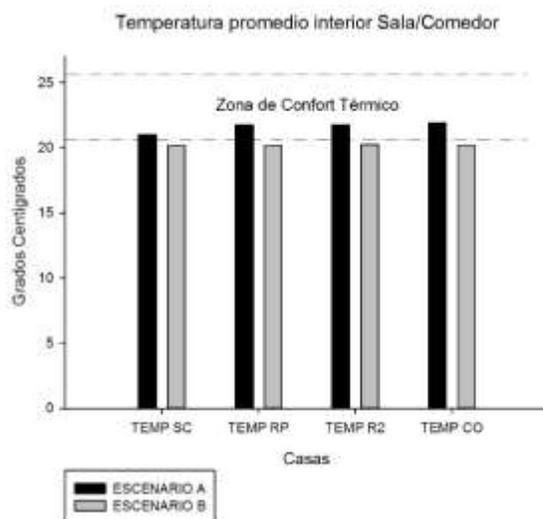


Figura 2. Definición de la zona de confort y comparación de temperaturas de los escenarios A y B.
TEMP SC=Temperatura sala comedor. TEMP RP=Temperatura recamara principal.
TEMP R2=Temperatura recamara dos. TEMP CO=Temperatura cocina.

Fuente: Propia.

La figura 3 muestra la diferencia de la temperatura de bulbo seco en ambas viviendas.

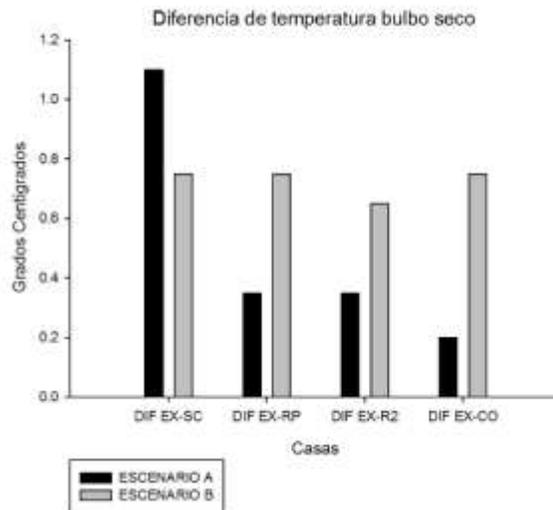


Figura 3. Diferencia entre bulbo seco interior y exterior de los escenarios A y B.
DIF EX SC= Diferencia exterior con sala comedor. DIF EX RP= Diferencia exterior con recamara principal.
DIF EX R2= Diferencia exterior con recamara dos. DIF EX CO= Diferencia exterior con cocina.
Fuente: Propia.

Discusión y conclusiones

Los resultados son preliminares y aun no se puede discernir la influencia del diseño arquitectónico sobre el ambiente térmico, en el proceso de la investigación se espera integrar una formula que permita evaluar el diseño arquitectónico en su relación al confort térmico, la formula propuesta debera considerar la ubicación y tamaño de las ventanas que promueven la ventilación y facilitan la radiación solar interior, la superficie de desplante y la altura de entepiso que definen los metros cúbicos de aire contenido, la distancia entre las ventanas, la orientación que da lugar a los muros y las ventanas que reciben radiación solar. Obtener datos de la forma que influye el diseño arquitectónico sobre el confort térmico abonaría al objetivo de poder evaluar el ambiente térmico de forma más integral.

En base a la información de Arias & Ávila (2004), quienes mencionan que la temperatura de confort preferida por los habitantes de Guadalajara en espacios interiores es de 23.5°C, datos que coincide con los mostrados por Fuentes (2010) quien propuso utilizar el modelo térmico desarrollado por Auliciems & Szokolay (1997), que consiste en otorgar un rango de tolerancia de $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ para obtener la zona de confort, con lo cual obtuvo que en la ciudad de Guadalajara el rango de confort térmico va de los 21°C como temperatura mínima, 23.5°C como temperatura neutra y 26°C como temperatura máxima, lo cual también coincide con lo establecido por Fanger (1970). Con estos datos se puede argumentar que el escenario "A" están dentro de la zona de confort, mientras el escenario "B" mantiene una temperatura por debajo de la zona de confort. Los resultados de las encuestas de sensación térmica reportaron mayor confort en el escenario "A". Los materiales constructivos de los apartamentos son los mismos al igual que la cantidad de mobiliario y orientación, la vestimenta y actividades de los participantes fueron controlados, por lo que las diferencias entre los resultados se atribuyen a las diferencias del diseño arquitectónico de los apartamentos.

Bibliografía.

Auliciems, A., & Szokolay, V. (1997). "Thermal comfort". Notes passive and low energy architecture international. Queensland

Arias, S., & Ávila, D. (2004) Análisis bioclimático de la ciudad de Guadalajara.

Guadalajara: Universidad de Guadalajara

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. (1985), Ashrae Handbook, Fundamentals, Atlanta, Tullie Circle.

Carrasco & Morillon (2004). Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, Nº 1, 2004. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Castejón, E. (1983). NTP-74: Confort térmico. Método de Fanger para su evaluación. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/01a100/ntp_074.pdf

Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).

Fanger, P. (1970). Thermal comfort. Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark.

Fuentes, C. A., Arvizu, E. & Godard, R.A. (2012). Determinación de las zonas de comodidad térmica para la vivienda. Reunión Nacional Asinea 88. Cuernavaca, Morelos: México.

Fuentes, V. (2010) Arquitectura Bioclimática. Universidad Autónoma de Atzacapotzalco. Atzacapotzalco, México.

Lima, P., Campos, F. & Villarouco, V. (2012) Overview of ergonomics built environment. Work 41 (2012) 4142-4148.

Matamoros, M. (2010). Diseño de la vivienda preferencias de la población. Arquitectura y Urbanismo, XXXI, 3/2010, 30 -38.

Mondelo, P., Gregory, E., Comas, S., Castejón, E. & Bartolomé, E. (2001), Ergonomía 2: Confort y estrés térmico, edicions UPC, S.L. Universitat politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 3ª. Edición, México, Alfaomega, Grupo Editor.

Monroy, M. (2006) Calidad Ambiental en la Edificación; Manual del Calor. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

Nicol, J., & Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. Energy and Buildings, 34, 563-572.

Parsons, K. (2000) Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. Applied Ergonomics 31 (2000) 581-594.

Romero, R., Vázquez, E., Bojórquez, G., Gallegos, R., Pérez, M., García, C., Valladares, R., Eugenia, M., Ochoa, J., Marincic, I., Reséndiz, O., Poujol, F., Macedo, J., & Tejeda, A. (2011) Vivienda, usuario y confort térmico en la vivienda económica en México. Estudios de Arquitectura Bioclimática, 10, pp.19-29. Atzacapótzalco, México.

Rey, F., & Velazco, E. (2007) Calidad de ambientes interiores. Thomson Editores. Paraninfo S.A. Madrid, España.

Ruiz, R. (2007) Estándar Local de confort térmico para la ciudad de Colima. Colima: Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura.