

ADECUACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL DEL NOROESTE DE MÉXICO CON BASE AL ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

C. Carrazco y D. Morillón

Instituto de Ingeniería - UNAM, CD. Universitaria, Apdo. Postal 70-472, Coyoacán, 04510, México, D.F.
Tel. (55) 56228132-36– Fax 01 55 5628137, e-mail: ccarrazcoc@iingen.unam.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados de una adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México cuyo clima es cálido seco. La adecuación es con base al análisis térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula del sitio y el objetivo primordial es encontrar bases para la mejora térmica de la vivienda de interés social. Tras un estudio in situ del clima y arquitectura vernácula, se realiza una simulación térmica de dos casos típicos durante un año: una vivienda vernácula y una de interés social. Se comprueba que la última es térmicamente menos eficiente en la mayor parte del año que la vernácula, logrando reducir las condiciones de temperatura promedio de 33°C a 27°C con su adecuación para la época cálida (Mayo-Octubre). La adecuación bioclimática consiste en usar una estrategia de infiltración, uso de materiales con alta resistencia térmica, postigos, altura de losa y orientación óptima.

Palabras clave: Arquitectura vernácula, Vivienda de interés social, Adecuación bioclimática.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre análisis bioclimático sobre la arquitectura vernácula en México son pocos, en el caso del Noroeste de México se cuenta con una serie de trabajos realizados por universidades regionales como la UAS y el ITLM, en donde a lo mas que se llega es a la descripción gráfica y textual, tal es el caso de Zambada, (2000) quien detecta la estructura física y morfológica de la arquitectura vernácula de la región del Mayo (Sur de Sonora y Norte de Sinaloa, México), el autor explica que existen dos vertientes en la arquitectura vernácula: la indígena y la mestiza. La primera, se caracteriza por tener técnicas ancestrales, asentada en los pequeños poblados alejados de la urbe, la segunda, ubicada en las ciudades o los pueblos viejos cuyas influencias culturales son de los españoles y permanece erguida hoy en día con sus grandes alturas, muros gruesos y ese clima frío que caracteriza sus rincones. La arquitectura vernácula, pertenece en la mayoría a grupos de población de escasos recursos económicos que conservan una buena calidad de vida, esta surge como síntoma de la realidad de un pueblo bien definido, representa su devenir histórico, sus circunstancias culturales y la síntesis de sus orígenes e influencias, además es congruente con el clima (Latour, 2003).

Se estudiaron tres líneas principales de antecedentes, la primera sobre trabajos realizados acerca del análisis bioclimático de la arquitectura vernácula, como el trabajo de De la Mora, (et al, 1996) en donde se hace un análisis bioclimático de la arquitectura vernácula de Comala, Col., México, identificando elementos bioclimáticos. La segunda línea fue sobre documentos relacionados a la evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social (VIS) en donde se ha demostrado que es ineficiente térmicamente, (Bojórquez, et al., 2001). La tercera línea fue acerca de la adecuación bioclimática de la VIS; aquí se encontró que existe información para otros lugares y con otros objetivos, tal es el caso de Al-Sallal, (2001) con un estudio para la ciudad de Sana'a, Arabia Saudita, en donde el autor encuentra lineamientos de diseño eficiente para la arquitectura de interés social con base en la arquitectura vernácula de dicha ciudad; Labaki y Kowaltowski (1998), hacen un estudio similar para Brasil, entre otros. Regionalmente se encontraron publicaciones de adecuaciones bioclimáticas de la VIS pero no en base a la arquitectura vernácula, (ejemplo, Chan, et al, 1999). La vivienda de interés social requiere un diseño adecuado al ambiente y por lo que se ve hoy, es cada vez de menos calidad.

En sitios donde el clima interfiere terminantemente para llevar a cabo las actividades cotidianas, la situación térmica es extrema, tal es el caso del clima cálido seco en el noroeste de México, donde la oscilación térmica es a veces mayor a 14°C y la temperatura promedio anual es mayor a los 22°C (García, 1973). Es gracias al conocimiento legado a través de los siglos y a la intuición de sus diseñadores, que las viviendas de la arquitectura vernácula han sido desde hace mucho tiempo refugios efectivos ante el clima, pues los usuarios reportan un cambio notorio entre la temperatura exterior y la interior de los espacios.

Con propósitos de encontrar lineamientos para la definición de nuevos criterios de diseño bioclimático, se tiene como objetivo principal, determinar el comportamiento térmico de los elementos de la arquitectura vernácula en el noroeste de México, para así realizar una adecuación bioclimática de la vivienda de interés social, obteniendo con ello su mejora térmica.

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El clima cálido seco se encuentra en la parte norte de la Altiplanicie Mexicana a altitudes menores a 1500m, así como en la porción de la llanura costera del pacífico situada al norte del paralelo y en las zonas litorales de la península de Baja California, a excepción del extremo noroeste de la misma en donde el clima es BS. La clasificación climática hecha por E. García, sirvió para localizar las ciudades que se encuentran en el rango BW y BS, cálido muy seco y cálido seco respectivamente al detectar diferencias mínimas en cuanto a la diferencia entre las variables climáticas en 12 ciudades comprendidas dentro del círculo en el mapa de la figura 1, por lo que se empleará el clima de una de estas ciudades (Culiacán, Sin.) como representativo.



Figura 1. Mapa climático de México.

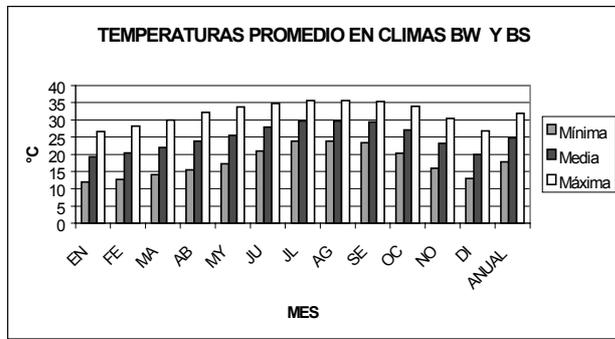


Figura 2. Temperatura típica cálido seco.

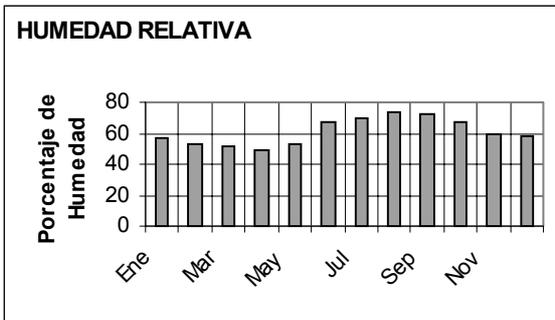


Figura 3. Valores promedio de humedad relativa.

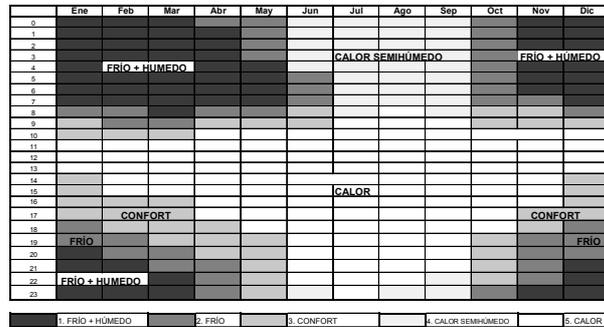


Figura 4. Diagrama de isorequerimientos horarios derivado del diagrama psicométrico de Olgay, para las condiciones climáticas de Culiacán, México.

ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

En la figura 4 se observa que el calor se presenta de 3-5 horas alrededor de mediodía en invierno, de 5-8 horas en meses de transición y desde las 13-15 horas en verano. El confort aparece en un promedio de 5 horas diarias y el frío en las noches y en las madrugadas. Los ambientes húmedos con color mas oscuro, son las temperaturas frías con humedades que varían desde el 70-85% de humedad relativa, el calor húmedo se encuentra con valores desde los 25°C-35°C y con una humedad del 70-88%.

Rango de confort térmico óptimo

De acuerdo Auliciems (1990) el rango de confort es de $\pm 2.5^\circ\text{C}$, tomando como referencia el Termopreferéndum para cada mes, en la siguiente gráfica se muestra este rango con objeto de compararlo con el comportamiento de la temperatura obtenida en las figuras 9 y 10.

ZONA DE CONFORT

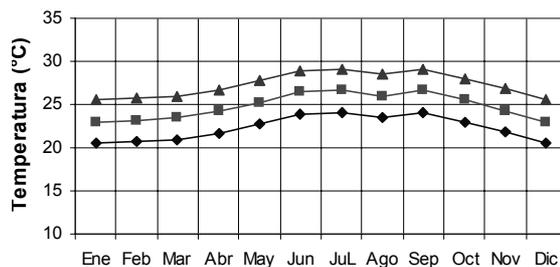


Figura 5. Termopreferéndum de cada mes para cada mes con las condiciones climáticas de Culiacán, Sin.

ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

Los elementos bioclimáticos identificados durante el estudio in situ de la arquitectura vernácula, fueron en cuanto a 6 conceptos, los cuales se definen más adelante (figura 6). Se señala como dato importante, que estos elementos son característicos de la arquitectura vernácula mestiza, específicamente hablando del caso del Noroeste de México, pues durante el proceso de búsqueda, se decidió tomar en cuenta este tipo de arquitectura, por tener mayores ventajas en relación a la otra vertiente definida por Zambada; tales ventajas encontradas fueron: la durabilidad en los materiales, firmeza en la estructura y el punto más importante: se encontró una mayor cantidad de elementos.

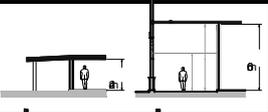
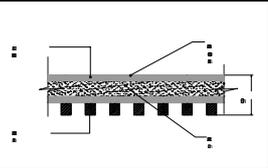
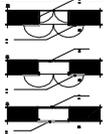
CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA DE CLIMA CÁLIDO SECO				
CONCEPTO	TIPO	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIA	IMAGEN
1. SISTEMAS PASIVOS	Patio central	Localizado usualmente en el centro del edificio, aunque también de manera estrecha y abierta hacia la calle, tiene vegetación, agua y materiales higrótérmicos. Proporción es alrededor de 1:4 con respecto al total de área del edificio (vivienda).	Enfriar Ventilar Iluminar Humedecer Purificar el aire Confort visual	
	Portal	Localizado entre el patio central y los demás espacios, proporción alrededor de 1:10-16	Circulación Descanso Iluminación Ventilación Control solar	
2. ALTURA DE LOSA	Losa o techumbre	Varía desde los 5 hasta los 6 m	Disminuir ganancias de calor por radiación.	
3. MASA TÉRMICA	Materiales de construcción	Endémicos, mínimo impacto ambiental, orgánicos, algunos requieren mantenimiento como el adobe. Madera, tabique recocido, terrado, piedra, arena, entre otros. Muros cuyo espesor varía de los 0.30-1.20 m, losas o techumbres de los 0.25-0.5 m.	Amortiguamiento térmico	
4. CONTROL SOLAR	Arcos	Al exterior, en fachada del edificio	Circulación Descanso Iluminación Control solar	
	Postigos	Doble ventana, control opaco (madera) y control transparente (vidrio), al establecer diferentes formas de operarlos se pueden obtener tres tipos de función distintos.	Calentar Enfriar Aislar	
5. INFILTRACIÓN	Ventanas y puertas	Se refiere al porcentaje de aberturas hacia el exterior respecto al área de fachada. Ventanas = 23%. Puertas = 7%.	Disminuir las ganancias de calor por convección.	
6. HUMIDIFICACIÓN	Vegetación	Empleada alrededor del edificio y en patio central, para sombrear muros y ornamentar espacios.	Purificar el aire Humidifica Control solar	
	Agua	Empleada en el patio central específicamente en fuentes o estanques.	Humidificar Purificar el aire	

Figura 6. Clasificación de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula de clima cálido seco en el Noroeste de México.

SIMULACIÓN TÉRMICA

Se simuló con el software TRNSYS 15 el comportamiento térmico de dos edificios de vivienda en el Noroeste de México: un edificio típico real en el que se encontraran todos los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula y el segundo, un edificio típico de una VIS. La figura 7 representa el caso de la vivienda vernácula. Esta edificación típica es de 690m², de tipo rectangular (esquina), caras principales orientadas hacia el Sureste (acceso) y Noreste. Alturas de 5m de piso a losa, muros dobles de tabique con enjarre de barro, losa con sistema de vigas de madera de alrededor de 0.10 x 0.25m de alto, capa doble de tabique con 0.10cm de tierra entre ellos. Patio central con la solución de los espacios alrededor de este. La figura 8, representa al caso de la vivienda de interés social, la cual es una edificación típica ubicada en un lote de 126.0 m², con una superficie construida de 53.0 m², su cara principal orientada hacia el Sureste, altura de losa de 2.50 m, muros de bloque hueco de 0.12m con enjarre de mortero y yeso al interior con una losa de concreto armado de 0.10m.

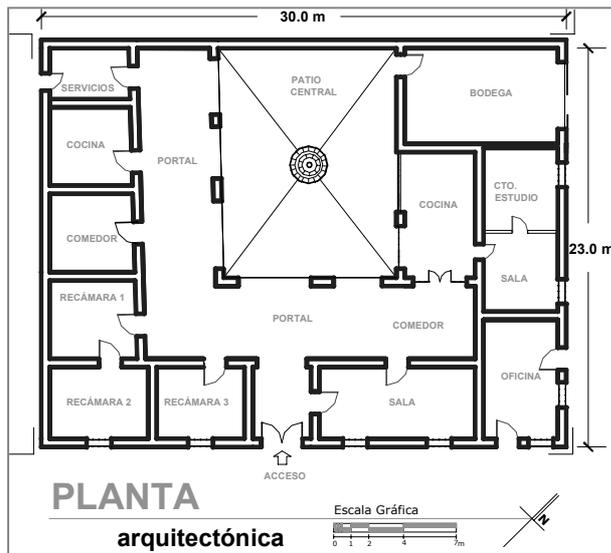


Figura 7. Planta Arquitectónica. Vivienda vernácula.

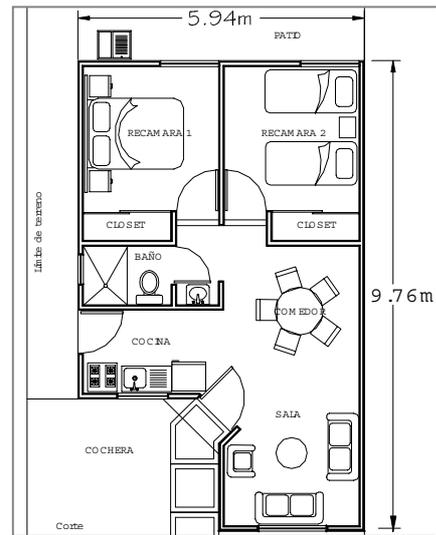


Figura 8. Planta Arquitectónica, Vivienda de interés social.

ADECUACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 9, se define como viable realizar una adecuación bioclimática de la VIS con los principios de la vernácula, se realizaron varias adecuaciones con el fin de ir encontrando paso a paso los cambios en los resultados en el comportamiento de la vivienda, la primera adecuación consistió en cambiar el sistema de losa de concreto por el sistema que tiene la vivienda vernácula, sin lograr un cambio significativo en las condiciones del interior, la segunda adecuación consistió en agregarle a la primera el sistema de muro (doble tabique con enjarre de adobe), la tercera consistió en agregarle postigos, y la cuarta en incrementar alturas (volumen de aire en cada zona, área de muros) y en un diseño estratégico de uso de la ventilación natural. Cabe señalar que ninguno de los tres primeros resultados emitió valores convenientes, sino hasta la cuarta adecuación, donde se lograron ver mejores resultados y cuyas condiciones se presentan en el siguiente texto.

Consideraciones en la adecuación:

1. Resistencia térmica en los muros verticales igual a los del caso de edificación vernácula, que es de $0.2482 \text{ hm}^2 \text{ K/kJ}$.
2. 0.5m de mas altura de losa (3.00m)
3. Losa con una resistencia térmica de $1.4182 \text{ hm}^2 \text{ K/kJ}$, a la que antes alcanzaba una $R=0.0893 \text{ hm}^2 \text{ K/kJ}$.
4. Empleo estratégico de la ventilación.
5. Postigos en ventanas los cuales tienen una resistencia térmica de $3.70 \text{ hm}^2 \text{ K/kJ}$.
6. Se consideró la misma orientación que en los casos anteriores: Sureste.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Se proporcionaron datos al software de los modelos correspondientes a las figuras 7 y 8. En las figuras siguientes se ilustran los resultados de la simulación de estas tres edificaciones.

Temperatura (°C)

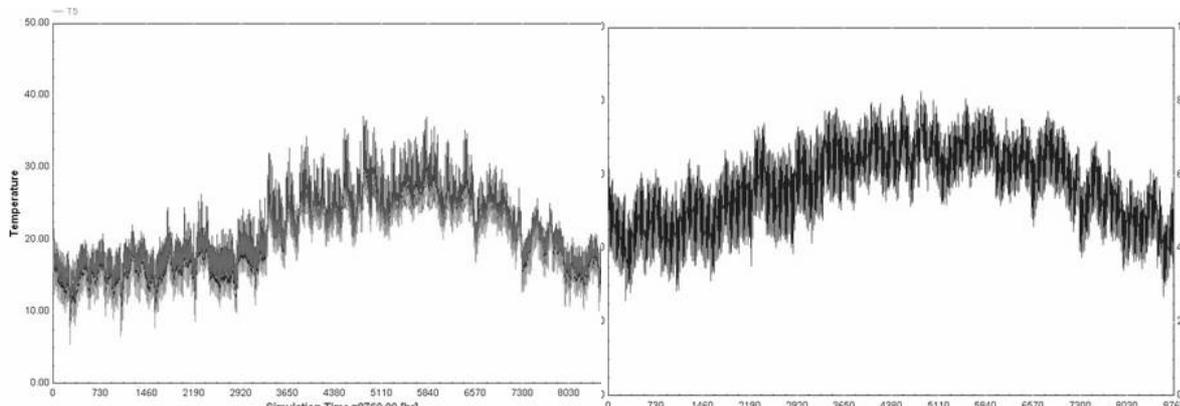


Figura 9. Comparación gráfica del comportamiento anual de temperaturas entre la vivienda vernácula (izquierda) y la VIS (derecha).

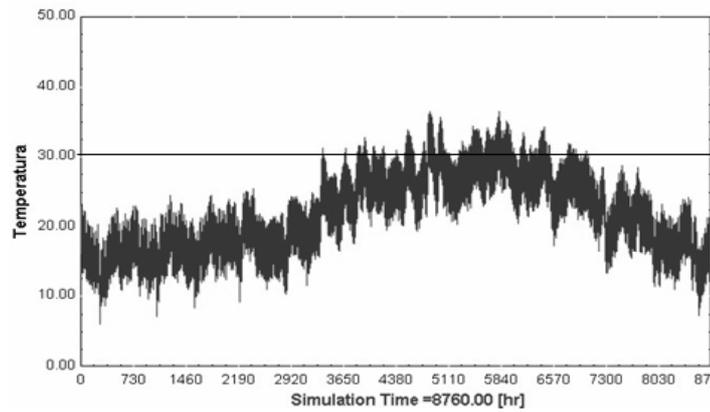


Figura 10. Comportamiento anual de temperaturas en la vivienda de interés social con adecuación bioclimática.

2. Ganancias por radiación a través de ventanas (kJ/h)

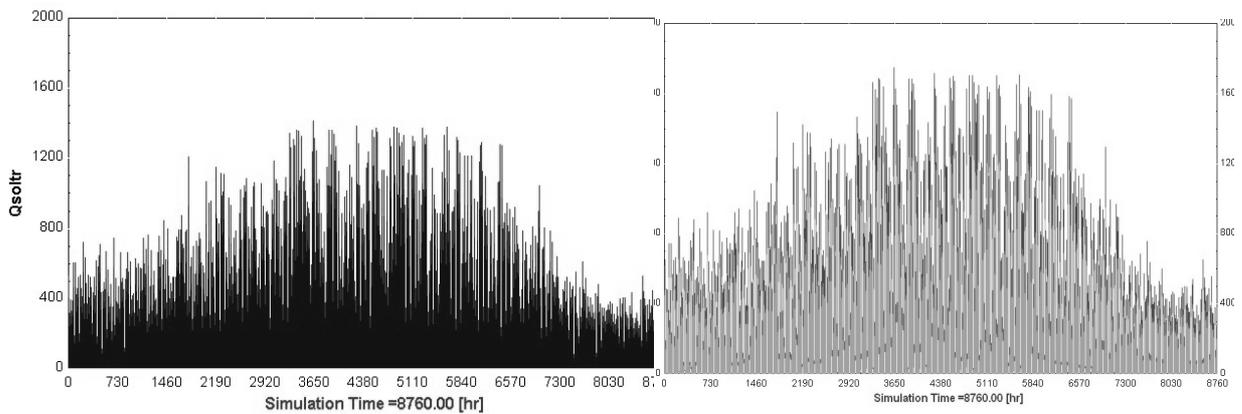


Figura 11. Comparación gráfica de las ganancias por radiación solar de onda corta transmitida a través de ventanas, con postigos (izquierda) y sin postigos (derecha).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la Vivienda vernácula (VV):

Las temperaturas registradas en el período más cálido (Mayo-Octubre), un 80% se encuentran dentro del rango de confort definido en la figura 5, mientras que en la VIS, el confort es de un 10 %.

Se identificaron los siguientes elementos como rectores en el diseño bioclimático de la vivienda vernácula: patio central, materiales de la envolvente, la dimensión y altura de los espacios, los postigos, la orientación del edificio, mínimo uso de aparatos eléctricos y un estratégico uso de la vegetación.

Para la Vivienda de interés social (VIS):

En los espacios de esta edificación, se muestran temperaturas muy parecidas a las del exterior, lo que lleva a concluir en base a conceptos básicos de transferencia de calor y en los resultados obtenidos, las desventajas de la VS son: la alta conductividad de los materiales de la envolvente, la mínima altura de losa, las ganancias por infiltración, el nulo control solar en ventanas y muros y el uso de equipo electrodoméstico que genera calor y se concentra en un solo espacio (TV, computadora, estufa, iluminación).

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron resultados acerca del rendimiento térmico de la vivienda vernácula de clima cálido seco, teniendo como un primer avance que esta conserva mejores condiciones térmicas para la habitabilidad que el otro caso analizado.
- Para la época fría (Nov-Marzo), la vivienda vernácula tiene temperaturas bajas, lo que nos dice que está diseñada más para clima cálido o que no existe una estrategia para calentarla, por lo contrario, la VIS conserva condiciones mejores en invierno.
- Para la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social se encontró que:
 1. Las temperaturas registradas en las zonas de la vivienda con adecuación son muy similares a las registradas en la vivienda vernácula.

2. La humedad relativa permanece prácticamente sin alteraciones con respecto a la medida en el exterior, por lo que hay que promover mas la ventilación natural cruzada.
3. Las ganancias por radiación a través de ventanas de la vivienda con adecuación son mas bajas en referencia a las de la vivienda de interés social, comprobando que el uso de postigos reduce considerablemente las cargas térmicas.
4. La mayor parte de las temperaturas horarias registradas en los meses cálidos se encuentran dentro del rango de confort definido en la figura 5, pero hay la necesidad de emplear un sistema de climatización mecánico que ayude a obtener el confort en horas críticas.
5. Los espacios que conservan mejores condiciones en verano son los mas húmedos y ventilados.

Con base a los resultados obtenidos, se muestra cuan viable es la adecuación bioclimática de la vivienda al modificar algunos elementos, con ello se puede reflexionar en que no impactaría mucho el gasto inicial de la construcción al proporcionarle materiales que tengan las características termofísicas adecuadas, elevar 0.50m la altura de losa, emplear postigos para evitar ganancias de calor por radiación y tener una estrategia óptima de ventilación, pudiendo ser ésta con sistemas de convección natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Sallal K., (2001). The Balanced Synthesis of Form and Space in the Vernacular House of Sana'a: a Bioclimatic and Functional Analysis. *Architectural Science Review*, 44, 419-428.
- Auliciems A. (1990). Psychophysiological criteria for global zones of building design. In: Proceedings 9th International Society of Biometeorology conference. Part 2. Biometeorology. 8, 69-86.
- Bojórquez G., Gallegos R., Luna A., (2000), Estudio del comportamiento térmico de tres prototipos de vivienda para un clima desértico. *Asociación nacional de energía solar / ISES*, REB O1-04, 35.
- Carrasco, C. y Morillón D., (2003). Patio Central como Sistema Pasivo de Enfriamiento en Clima Cálido Seco: Edificios Comerciales. *XXVII SNES*, ERE 01-34, 111-116.
- Chan L., Romero R., Bojórquez M., Luna A., (1999). Evaluación térmica de estrategias de adecuación ambiental para viviendas en zonas áridas y su impacto en ahorro de energía eléctrica. *XXIV SNES*, 49-53
- De la Mora A., Morillón J., Morillón D., (1996). Sistemas Pasivos de la arquitectura vernácula de Comala, *XX SNES*, 197-200.
- García E., (1973). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. 2ª ed. Instituto de Geografía UNAM, México DF.
- Labaki L., Kowaltowski D. (1998). Bioclimatic and Vernacular design in urban settlements of Brazil. *Building and Environment* 33, 1, 63-77
- López F., (1993). Arquitectura Vernácula en México. 3ª ed., Ed. Trillas, México DF.
- NOM-008-ENER-2001. (Martes 10 de Sep. De 2002). Diario Oficial de la Federación.
- Olgay V. (1998), Arquitectura y clima: Manual de diseño para arquitectos y urbanistas. Ed. GG, 1ª edición en castellano, Barcelona, España.
- Reynolds J., (1992-1996). Enfriamiento Pasivo y Patios en Colima. Universidad de Oregon.
- Robles J., (2001). Desempeño Bioclimático de las Dimensiones del Patio en las Viviendas de la Ciudad de Colima. Tesis de Maestría, Universidad de Colima. Colima, México.
- Taylor J., (1984). Arquitectura Anónima: una Visión Cultural a los Principios Prácticos del Diseño. 1ª ed., Ed. Stylos S.A., Barcelona, España
- Kümmert M. (2003-4), Asesorías vía correo electrónico acerca del software Trnsys.
- Tudela F. (1981), Ecodiseño, Colección ensayos, UAM-Xochimilco.
- Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, (1961-1990). Normales Climatológicas. Instituto de ciencias de la Atmósfera, UNAM, México D.F.
- Werner B., (1999). Patios, 5000 Años de Evolución, desde la Antigüedad hasta Nuestros Días. Ed. Gustavo Gilli, Barcelona, España.
- Latour H., (2003) http://periferia.org/publications/sb_regionalista.htm
- Zambada J., (2000). La arquitectura vernácula en la región del mayo. Trabajo de diplomado en diseño bioclimático, ITLM, Los Mochis, Sin, México.

ABSTRACT

BIOClimatic IMPROVEMENTS OF LOW-COST HOUSING IN NORTHWEST OF MÉXICO WITH BASE IN THE THERMAL ANALYSIS OF VERNACULAR ARCHITECTURE

This paper presents the results of bioclimatic improvements for low-cost housing in Northwest of Mexico where there is hot-arid climate. The Adaptation is based on a thermal analysis of bioclimatic elements of vernacular architecture of the place and the main objective is to find sources for thermal improvements of low-cost housing. Behind an in situ study of climate, bioclima and vernacular architecture, it is realized a thermal simulation throughout a year of two typical cases: vernacular house and a low-cost house. It is observed that the second one is worst most of the year, though improvements show a reduction in temperature conditions, since 33°C to 27°C average, for warm period (May-October). The bioclimatic improvement consists of use an infiltration strategy, use of materials with high resistance, wicket-doors, major height roof and optimal orientation.

Keywords: Vernacular architecture, Contemporary dwellings, Bioclimatic adaptation.