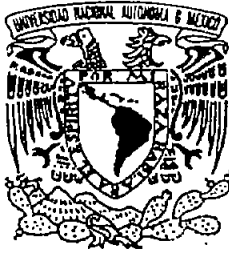


01178



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE COMPORTAMIENTO
TÉRMICO DE LOS ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS
DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA: CASO CLIMA
CÁLIDO SECO**

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA
(ENERGÍA, DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE EDIFICACIONES)

PRESENTA
CARLOS ALEJANDRO CARRAZCO COTA

DIRIGIDA POR
DR. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA
MEXICO 2005

m. 34 0286



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Carlos Alejandro
Camacho Aza

FECHA: 24. Enero. 2005

FIRMA: [Firma]

A Jaimito,
el niño más adorable que existió en la tierra
y del cual me siento profundamente
orgullosa.

Agradecimientos

A dios siempre presente
A mi Universidad, quien llena de júbilo y conocimiento el alma de quien vive su espíritu.
Al honorable instituto de Ingeniería, mi casa.
A CONACYT y DGEP, el remo de mi barca en este viaje

¡A mi súper familia!
A JL, Osi y Mar, asuntos especiales S.A.
A mis compañeros del Centro de investigación en Energía Ami, Clau, Heidi, César, Omar,
Dany, Mich y Marcos, cómplices de fiestas y desvelos académicos.
A los doctores Favio, Ramón, Octavio, Antonio, Diego, Christopher, Gabriel y Arturo.
Al personal CIE, Lourdes, Doctores Edgar y Wilfrido en la coordinación. En la
biblioteca a Paty y Bertha por su amabilidad y sonrisas.
A mis compañeros de la sala de becarios y del Instituto, Tomás, Sonia, Erick, José,
Robert, Vero, Tamara, Damián, Pedro, Iván, Alma, Álvaro, Chucho, Dr. Almanza y
Angélica, por apoyar y reanimar siempre.
A mis compañeros de carrera, Gera, Katya, Aldo, María, Sele, Gil, Néstor, Paty, Lau,
Claudia, Diana y a los arquitectos Paty y Marco Robles, la gran porra del norte.
A Michaél Kummert, mi soporte con Trnsys
A Khaled Al Sallal, amablemente colaboró desde Arabia al inicio del proyecto.
A La familia Gerrero y al señor Oscar Escalante, por haberme aceptado en sus casas con
los termómetros.
Al Dr. David Morillón, una vez más ejemplo como profesionista y guía en este proyecto,
que junto a mi comité evaluador ayudó a pulirlo.
A todos aquellos que me brindaron desde una sonrisa hasta su tiempo y conocimiento.

Sinceramente
Carlos Alejandro Carrazco Cota

INDICE TEMÁTICO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	4
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	
1.1 Análisis bioclimático de los elementos de la arquitectura vernácula	7
1.2 Evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social	9
1.3 Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social	10
1.4 Conclusiones	12
1.5 Objetivos	12
CAPITULO 2. ASPECTOS DEL CLIMA Y BIOCLIMA	
2.1 Clima cálido seco en México	13
2.1.1 Ciudades del Noroeste de México con climas cálido seco (BS y BW)	14
2.1.2 Características climáticas del Noroeste de México	14
2.1.2.1 Temperatura	
2.1.2.2 Precipitación pluvial	
2.1.2.3 Vientos dominantes	
2.1.2.4 Radiación solar	
2.1.2.5 Humedad relativa	
2.2 Estudio del Bioclima	17
2.2.1 Termofisiología humana	17
2.2.1.1 Confort térmico	
2.2.1.2 Grado de confort térmico	
2.2.2 Termopreferéndum	18
2.2.3 Diagnóstico: Carta bioclimática	18
2.2.4 Diagrama de isorrequerimientos	19
CAPITULO 3. ARQUITECTURA VERNACULA DE CLIMA CALIDO SECO	
3.1 Arquitectura vernácula de México	20
3.1.1 Introducción	20
3.1.2 Clasificación	21
3.1.3 Características	22
3.2 Arquitectura vernácula de clima cálido seco	23
3.2.1 Arquitectura vernácula indígena	23
3.2.2 Arquitectura vernácula mestiza	24

CAPITULO 4. ELEMENTOS BIOCLIMATICOS DE LA ARQUITECTURA VERNACULA DE CLIMA CALIDO SECO

4.1 Estudio de los elementos bioclimáticos característicos	26
4.1.1 Control solar	26
4.1.1.1 Postigos	
4.1.1.2 Arcos	
4.1.2 Vegetación	28
4.1.3 Altura de losa y dimensiones	28
4.1.3.1 Altura	
4.1.4 Masa térmica de los materiales	29
4.1.4.1 Muros verticales	
4.1.4.2 Techumbres y losas	
4.1.4.3 Propiedades termofísicas de los materiales	
4.1.5 Ventilación	32
4.1.5.1 Aberturas al exterior (en fachadas)	
4.1.5.2 Emplazamiento	
4.1.5.3 Patrón de uso del edificio	
4.1.6 Sistemas pasivos	34
4.1.6.1 Portal	
4.1.6.2 Patio central	
4.1.6.3 Orientación y forma del patio central	
4.2 Conclusiones	35

CAPITULO 5. EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DE LA VIVIENDA VERNACULA Y DE INTERES SOCIAL

5.1 Medición de temperaturas y humedades	38
5.1.1 Medición de temperaturas en el día cálido	38
5.1.2 Medición de temperaturas y humedades en un día frío	40
5.1.2.1 Calibración del equipo de medición	
5.2 Simulación térmica	42
5.2.1 Simulación	42
5.2.2 Software disponible en el mercado	43
5.2.3 Software utilizado	43
5.2.4 Año climatológico típico	43
5.3 Descripción de los prototipos	45
5.3.1 Vivienda vernácula	45
5.3.2 Vivienda de interés social	46
5.4 Resultados de la simulación	48
5.4.1 Temperatura	48
5.4.2 Humedad relativa	51
5.4.3 Infiltración	53
5.4.4 Ganancias a través de ventanas	54
5.4.5 Ganancias de energía latente	55
5.5 Análisis de resultados de la simulación	56
5.5.1 Vivienda vernácula	56
5.5.2 Vivienda de interés social	57

CAPITULO 6. ADECUACION BIOCLIMATICA DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

6.1 Elementos bioclimáticos considerados	58
6.2 Resultados	59
6.2.1 Temperatura	59
6.2.2 Humedad relativa	60
6.2.3 Infiltración	61
6.2.4 Ganancias a través de ventanas con postigos	62
6.2.5 Ganancias de energía latente	62

6.3 Análisis de resultados	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
1. Elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula	65
2. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda vernácula	65
3. Patio central	66
4. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social	67
5. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda con adecuación bioclimática	67
6. Recomendaciones	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
ANEXOS	
Anexo 1. Funcionamiento de TRNSYS 15 with IISIBAT 3	73
1.1 Funcionamiento de Trnsys 15 with iisibat 3	
1.2 Componentes específicos de Trnsys 15	
1.3 Introducción de datos en Prebid	
1.4 Especificaciones generales	
Anexo 2. Bioclimática2.inf	77
Anexo 3. Bio2abc.lst	85
INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS	94

RESUMEN

El trabajo de tesis nace bajo la idea de retomar elementos de la arquitectura vernácula del noroeste de México que parecen olvidados hasta el momento y aplicarlos en la vivienda de construcción en serie (de interés social). Se realiza una adecuación bioclimática de la segunda en donde se logra incrementar el porcentaje de horas de confort en todo el año desde un 31% a un 66% con los resultados arrojados mediante la simulación térmica. Elementos como el patio central, los postigos, los portales, la masa térmica, el estratégico uso de la vegetación, así como la altura de losa, son considerados como bioclimáticos, inclusive los usuarios reportan un notable cambio entre las altas temperaturas del exterior y las del interior de los espacios de las edificaciones vernáculas, pero curiosamente hasta nuestros días, nadie ha estudiado el comportamiento térmico en la totalidad de ellos, es decir, nadie conoce como actúan de manera conjunta.

Desafortunadamente, se sabe que este tipo de construcciones ha ido desapareciendo con la llegada de la industria de los materiales de construcción y su acompañada globalización, la migración de la gente de las pequeñas comunidades a la ciudad, así como el fenómeno de la transculturación, entre otros. La mayoría de los edificios vernáculos se sustituyen por edificios modernos sin carácter y mayor función arquitectónica que la del refugio y aunque no se pretende ofrecer al lector un panorama cruel en donde las tradiciones, orígenes culturales e históricos se vean aplastados por la modernidad, es necesario mostrar desde un punto de vista personal la realidad. También en pequeña escala hay personas trabajando en una intensa labor de "rescate" de estos fósiles vivientes, fomentando la cultura del respeto y el conocimiento de nuestros emblemas, en los cuales se ha identificado un elevado conocimiento en la función bioclimática basado en el conocimiento legado de generación en generación.

Por otro lado, la vivienda de interés social hoy en día carece de consideraciones lógicas de orientación, control solar, empleo de materiales y de más elementos bioclimáticos desmejorando su habitabilidad, motivo por el cual en este documento, se tiene como intención principal estudiar el comportamiento térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula para con base a ello, realizar una adecuación bioclimática de la vivienda de interés social de clima cálido seco y cuyo proceso de desarrollo ha sido generado con los puntos mencionados a continuación:

1. Búsqueda de los antecedentes

El punto de partida para abordar el tema fue estudiar tres líneas principales de antecedentes para complementar el documento: Análisis de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula, evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social y adecuación bioclimática de la vivienda de interés social. En este primer punto, se encuentra, de acuerdo a los documentos estudiados, que nadie había realizado

un análisis como el que se pretende hacer en este documento. Se encontraron estudios similares para otros países como Arabia Saudita y Brasil a nivel general pero, obviamente los elementos arquitectónicos y climáticos en estos fueron distintos. En México se han hecho un gran número de investigaciones acerca del rendimiento térmico de la vivienda de interés social con adecuación bioclimática pero sin emplear los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula del sitio y mucho menos la valoración cuantitativa de su eficiencia térmica, por lo que se define como viable seguir con la idea principal, realizar una adecuación bioclimática de la vivienda de interés social con base al estudio de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula.

2. Estudio del clima y bioclima

Aquí los datos de clima fueron obtenidos de las Normales climatológicas de las ciudades mas importantes de la zona económica noroeste, se realizó un estudio para encontrar una región climática en la zona económica Noroeste, identificando el clima de la ciudad de Culiacán Sinaloa como representativo de la región, lugar para el cual se realizó un estudio del bioclima para determinar las condiciones óptimas de confort higrotérmico, así como los requerimientos de climatización y las estrategias para el diseño bioclimático con base en la gráfica bioclimática de V. Olgyay.

3. Estudio de la arquitectura vernácula del sitio e identificación de los elementos bioclimáticos

Como tercer paso, se procedió a hacer un análisis del sitio, en donde se obtuvieron datos sobre la arquitectura del sitio. De inicio se identificaron dos vertientes de la arquitectura vernácula, la mestiza y la indígena, se encontró que la mestiza con influencias españolas, tenía un mayor número de elementos por lo que se procedió a estudiarlos mas a detalle. Se identificaron elementos de acuerdo a seis grupos: control solar, sistemas pasivos, masa térmica, vegetación y espacio físico.

4. Evaluación del comportamiento higrotérmico de la vivienda de interés social y vivienda vernácula (monitoreo de temperaturas y humedades)

Se realizó un monitoreo de la temperatura y humedad en el interior de los espacios de una vivienda vernácula (sala, comedor, portales y patio), así como otro solo de temperaturas en la envolvente de la misma (muros y losa, mismos espacios). En la vivienda de interés social, las mediciones solo fueron de temperatura y se realizaron en la zona de estar (sala), durante 1 día, cada hora. Los monitoreos fueron en un día cálido (Octubre) y en un día frío (Enero).

5. Estudio del software de simulación

Se realizó un estudio del software comercial para utilizarlo en la simulación de ambas edificaciones, encontrando que el mas apropiado a emplear era el Trnsys 15, dada la ventaja de obtener resultados sin la necesidad de incluir un sistema de aire acondicionado en el edificio y su uso en la investigación.

6. Evaluación del comportamiento higrotérmico de la vivienda de interés social y vivienda vernácula (simulación por computadora)

Se obtuvo un archivo de datos meteorológicos típicos (TMY) y se realizó una simulación con Trnsys del comportamiento térmico de los casos típicos: la vivienda de interés social y la vernácula, en donde se generaron resultados en cuanto a ganancias térmicas por infiltración, ventilación y radiación a través de ventanas, así como las temperaturas y humedades para cada una de las zonas térmicas definidas en cada edificio. Los resultados fueron desde las 0 hasta las 8760 horas (todo el año). En estos resultados se observó que la edificación vernácula tiene mejores condiciones térmicas que el otro caso (hasta 8°C menos de calor en época cálida y en los espacios de patio central y portales).

7. Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social

Con los resultados obtenidos, se procedió a simular una vivienda de interés social pero ahora aplicándole elementos característicos de la vernácula como las propiedades térmicas de los materiales, el uso de postigos, un estratégico uso de la infiltración, etc. Con ello, se obtuvieron resultados en los cuales las condiciones térmicas de la vivienda de interés social mejoraron notablemente, pues se encontraron temperaturas muy similares a las registradas en la vernácula, quien conserva la mayor parte de estas, entre los 22.5 y los 30°C en la época cálida (Abril-Octubre), valores que conforme al estudio del bioclima, en su mayor parte se encuentran dentro del rango de confort térmico humano para el clima cálido seco.

8. Conclusiones y recomendaciones

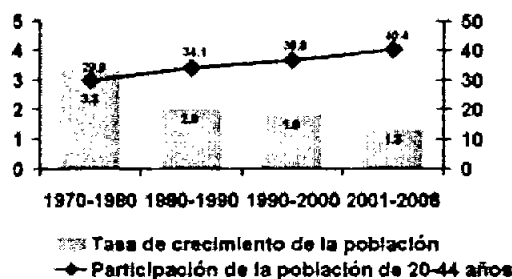
Se emiten conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los elementos de la arquitectura vernácula, eficiencia del patio central, simulación térmica de edificios y de la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social.

INTRODUCCIÓN

La revolución industrial trajo consigo múltiples cambios a la sociedad, la migración de las personas de los pequeños asentamientos en busca de empleos, nuevas y mejores condiciones de vida que aseguraran un futuro más prometedor al incierto panorama que se tenía en las comunidades alejadas de los atractivos servicios tanto médicos como comerciales, de electricidad, agua y empleos que ofrecía la ciudad. Dicho movimiento trajo también en consecuencia otro tipo de cambios como el deterioro desmedido del medio ambiente (se instalaron grandes fábricas, se incrementó la quema de hidrocarburos para obtener una mayor practicidad en los procesos de generación de mercancía, etc.). En respuesta, se concentró la contaminación del agua y el aire en las ciudades, alterando la calidad de vida.

Las grandes ciudades tuvieron mayores exigencias de albergar a toda la población, quien comenzó a crecer rápidamente y la necesidad de vivienda creció, recurriendo a un nuevo concepto del hábitat: la vivienda de interés social, cuyo diseño se rigió por la practicidad y la economía, su producción fue de forma masiva, ofreciendo las necesidades mínimas de espacio habitable y obviando la función bioclimática entre otros aspectos. Se tomó el mismo diseño para ciudades con climas diferentes, lo que va en contra de los principios arquitectónicos.

En la actualidad el incremento de la población tiene un promedio anual del 2% en todo el país¹ (gráfica 1). Este repercute en la construcción de vivienda, de acuerdo con el Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006, se requiere construir, mejorar o rehabilitar 4.3 millones de viviendas. Adicionalmente, para atender las necesidades de vivienda con base en la distribución de ingreso por población ocupada, se requiere edificar 732,000 viviendas anuales (ver gráfica 2). El problema es que este desarrollo se reduce a un diseño degradante, con la falta de confort térmico y/o alto consumo de energía, los cuales son problemas comunes (como si ambas cosas fueran algo de lo que no nos debiéramos de preocupar), pues dadas las severas condiciones climáticas, los ocupantes se ven



necesidad de recurrir al empleo de equipos eléctricos para climatizar. En un clima extremo como lo es el cálido seco en el Noroeste de México, se requiere de forma apremiante, estudiar las vías que conduzcan a la reducción de estos problemas; una base, puede ser la arquitectura vernácula.

Gráfica 1. Crecimiento Demográfico 1970 - 2006²

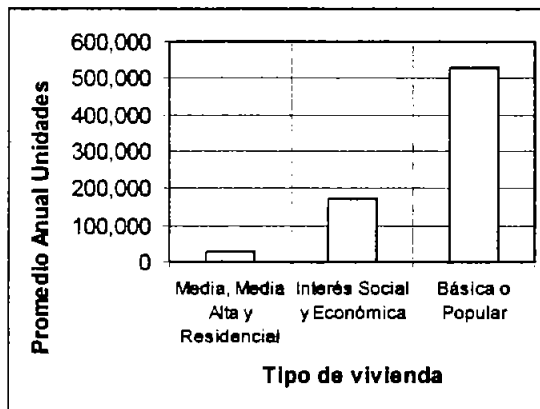
¹ <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/tematicos/mediano/ent.asp?t=mpob09&c=3186>

² <http://www.infonavit.gob.mx/>

En México existe una gran variedad de estilos y formas arquitectónicas que han dado respuesta a las condiciones climáticas a lo largo de nuestro territorio nacional (Morales, 1993). Hoy en día, casi se ha olvidado de las magníficas sensaciones que nos deja estar dentro de una vivienda fresca en un clima cálido o de una cálida en un clima frío, así como el estratégico uso de la ventilación, la vegetación, los materiales endémicos, la proporción antropomórfica, etc. Elementos que parecen ignorados en el diseño actual de la vivienda de interés social.

Si hablamos, para un futuro cercano, de nuevos diseños del hábitat en armonía con el progreso y la naturaleza y por otro lado, si hablamos de clima cálido seco y de una problemática en la incongruencia con el clima y usuario en los diseños actuales, se tiene que echar la vista atrás y ver que es lo que hacían antes, para replantear los diseños y adaptarlos a las necesidades actuales, es decir, ¿Como en el tiempo en que no había ni siquiera ventiladores, la gente toleraba dentro de su vivienda las condiciones severas de este clima, donde se presentan oscilaciones mayores a los 14°C y una temperatura media anual mayor a los 22 °C³?

Hoy día es necesario el estudio de la arquitectura vernácula de la región, para que sirva de base para el nuevo diseño de la vivienda de interés social, sin olvidar, que hay que tomar muy en cuenta las necesidades actuales y futuras de espacio, infraestructura, estructura física, actividades, etc. Pues el ritmo de vida del usuario y horario de ocupación de la vivienda ya no es el mismo de antes.



Este documento, tiene como objetivo principal, realizar un análisis cuantitativo del comportamiento térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula de clima cálido seco, bajo la hipótesis de que si estudiamos la arquitectura vernácula en términos científicos, esto nos llevará a generar una serie de parámetros útiles para el diseño de un nuevo hábitat, en armonía con el progreso y con la naturaleza.

Gráfica 2. Requerimiento promedio anual por tipo de vivienda²

Pero, ¿Como será la metodología que nos lleve a la obtención del objetivo?

De inicio se planteó que se realizaría un estudio para el clima cálido seco ubicando una localización típica. Se encontró que el clima cálido seco existe en la mayor parte de la zona noroeste de México, es decir, la región comprendida por Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. En dicha región se identificaron 15 ciudades principales dentro de estos estados (ver tabla 1), en las cuales la mas pequeña tiene alrededor de 100 000 habitantes⁴.

El siguiente paso consistió en identificar los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula del lugar, realizando monitoreos de temperaturas y humedades para que sirviera como referencia y refuerzo de la hipótesis planteada de origen. Con base a ello, se procedió a hacer una simulación por computadora del comportamiento térmico de una vivienda típica de interés social y una vernácula (la cual incluyera todos los elementos bioclimáticos encontrados) a lo largo de todo el año.

³ GARCÍA E.nriqueza, (1973). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de l República Mexicana. 2ª ed. Instituto de Geografía UNAM, México D.F.

⁴ <http://www.quasave.gob.mx/poblacion>

Los resultados obtenidos tras la simulación fueron muy contrastantes entre los dos tipos de vivienda. La vernácula tuvo menos ganancias térmicas por infiltración, ventilación, y radiación a través de ventanas que la vivienda de interés social, lo cual repercutía considerablemente en la temperatura interior de las zonas que conformaron a cada caso. Esto condujo a la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social, cuyo comportamiento térmico también fue simulado y en el cual se encontraron después de varios intentos, mejores resultados es decir, las condiciones interiores de esta vivienda, fueron aún mejores a las encontradas en la vernácula, debido a la reducción de ganancias térmicas por ventanas, la pérdida y ganancia controlada de energía a través de la infiltración, la resistencia en materiales y orientación del edificio, lo cual en conjunto generó reducir alrededor de 8°C la temperatura en los meses cálidos, respecto a la vivienda de interés social y aumentar alrededor de 4°C la temperatura en meses fríos respecto a la vernácula.

1. ANTECEDENTES

Para complementar el objetivo se estudiaron tres líneas principales de antecedentes, Análisis de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula, Evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social y adecuación bioclimática de la vivienda de interés social. La búsqueda de los antecedentes fue tanto nacional como internacional, tratando de ubicar en las siguientes páginas, los trabajos que mas relación tenían con el tema de tesis.

1.1 Análisis bioclimático de los elementos de la arquitectura vernácula

1. Reynolds S. (1982 y 1996). Realizó un análisis bioclimático de 31 patios de edificios de la arquitectura vernácula en la ciudad de Colima en donde menciona las características térmicas y tipológicas. Los edificios eran de tipo comercial, residencial y público, se tomó en cuenta el nivel económico y el uso que se le da a cada patio. Se analizó el comportamiento térmico a través de la temperatura radiante media (TRM) entre otras variables (hora de uso, elementos arquitectónicos, control solar), Robles J. de J. (2002), hace una continuación al trabajo antes mencionado sobre el desempeño bioclimático en/ función de las dimensiones del patio específicamente en las viviendas. En estos trabajos se realiza un análisis del comportamiento de las temperaturas en el interior y otro bioclimático, en donde se encuentra que el patio central mantiene 4°C por debajo de la temperatura exterior, cuyo resultado, da una idea de lo viable de estudiar todo el edificio como sistema y a la vez se obtiene una referencia en cuanto a las mediciones hechas.

2. Ochoa J. (1990). Realiza un análisis bioclimático de la arquitectura vernácula de Ocotepc, Morelos, en donde se hace una simulación del comportamiento térmico de una vivienda típica vernácula (que consta de un dormitorio y de una terraza) y de otra tomando el mismo tipo pero modificando los materiales regionales por los usados en la actualidad. El autor detecta que la vivienda vernácula es mas adaptada al ambiente, al mencionar que la actual no tiene confort térmico y concluye en que son los materiales los principales causantes de la diferencia de temperaturas entre una y otra. Con esta referencia se puede ver durante la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social si los materiales en el clima cálido seco también influyen como un elemento rector en el diseño de la vivienda vernácula.

3. ICOMOS (1993). En el primer seminario internacional de arquitectura vernácula, en México, se hace mención de que la técnica, el resultado volumétrico, así como el color y las relaciones espaciales de la arquitectura vernácula son producto del conocimiento comunitario heredado, sirviendo esta como medio de identidad del grupo. En uno de los puntos de las conclusiones en esta reunión, se comenta que la arquitectura vernácula tiene expectativas coherentes con la protección al medio ambiente a largo plazo, pues su diseño es de mínimo impacto al ambiente.

4. Morillón D., De la Mora A., Morillón R. (1996). Hicieron un estudio de campo y un análisis sobre los principios físicos de los sistemas pasivos empleados en la arquitectura vernácula de Comala, Col. Los autores identificaron los materiales de construcción y la incorporación de los sistemas pasivos de enfriamiento a la imagen arquitectónica del poblado agrupándose en 4 partes:

- Protección a la radiación solar
- Descarga del aire caliente
- Amortiguamiento térmico
- Disminución de la absortividad de la radiación solar por la superficie exterior.

Los autores detectan en estos cuatro grupos una serie de elementos como patios y vegetación, describiendo textualmente la forma de su funcionamiento. Sin embargo, no se hace un análisis cuantitativo del comportamiento térmico de los elementos identificados, pero el estudio sirve de base para estudiar otras arquitecturas vernáculas en clima cálido-húmedo. Su trabajo sirve como referencia para comparar los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula en clima cálido seco, así como, tener la guía de la clasificación de los mismos.

5. Zambada C. (2000). Realiza un estudio sobre los elementos de la arquitectura vernácula de la región del Mayo (sur de Sonora), en su trabajo, describe gráfica y textualmente los sistemas constructivos, los elementos de control solar, el patio central, la orientación y traza urbana, la vegetación entre otros, en términos bioclimáticos llegando a la conclusión de una emisión pequeña de criterios de diseño basados en el estudio de la arquitectura vernácula. En este estudio de campo, el autor no define cuantitativamente las características de la arquitectura que analiza.

6. Khaled A. (2001). A lo largo de su carrera ha realizado investigación acerca de la vivienda vernácula de Sana'a, Arabia Saudita. Hace un análisis bioclimático y funcional, además establece cuatro condiciones para obtener mejores resultados en la vivienda vernácula de Sana'a:

- a. Infiltración
- b. Orientación
- c. Almacenamiento térmico
- d. Control solar

Además realizó un monitoreo de temperaturas interiores y exteriores en una vivienda vernácula y otro en una contemporánea durante una semana, obteniendo resultados de temperaturas interiores y exteriores con lo que respalda la idea original de que la vivienda vernácula es más eficiente energéticamente.

El mismo, analiza conforme a la forma y el espacio de la arquitectura de Sana'a los siguientes factores:

- a. Análisis de los elementos de la vivienda vernácula de Sana'a (Materiales y ventanas)
- b. Simulación al modelar en 3D por computadora el soleamiento y sombreado como control solar pasivo de la vivienda.

- c. Análisis del comportamiento térmico como sistema pasivo solar.
- d. Pretende ofrecer una serie de lineamientos o guía para el diseño de la arquitectura moderna de Sana'a, basada en el análisis de la vivienda vernácula de la región (en proyecto).

El clima y tipo de arquitectura que presenta el autor, son distintos a los que se verán en esta tesis, el solo analiza 2 elementos bioclimáticos, entonces los resultados serán forzosamente diferentes. Tampoco el autor contempla la realización de una adecuación bioclimática de la vivienda contemporánea, solo plantea la posibilidad de generar lineamientos para normar la construcción de la misma y no analiza todos los elementos de la casa de Sana'a. La simulación por computadora es también distinta, pues en ella solo contempla las ganancias solares y el efecto de sombras y no se ofrece ninguna metodología. Con ello se puede dar una idea de las posibles líneas de exploración futuras para el tema.

7. Corro G. (2002). Estudia los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula de la región Altiplana-Lacustre del estado de Michoacán mediante un análisis bioclimático, aterriza su trabajo al mencionar los criterios para el diseño de la arquitectura bioclimática. El mismo, hace ver la necesidad de desarrollar en México, una metodología para el análisis bioclimático de la arquitectura vernácula que contemple los elementos como el control solar, los efectos de viento, aspectos climáticos, entre otros. El autor, a pesar de que emite propuestas de diseño basadas en la arquitectura vernácula, no hace un análisis cuantitativo de los elementos.

8. Cañas I., Martín S. (2004). Estudiaron la arquitectura vernácula española como un modelo de la arquitectura bioclimática región por región haciendo una clasificación de los elementos identificados. Los autores se basan en un estudio bibliográfico sobre la arquitectura vernácula española para hacer todo el análisis, en donde se determinan las estrategias de diseño bioclimáticas de este tipo de arquitectura. Ellos mencionan que los resultados de su trabajo podrían conducir a dos caminos: el primero, es recuperar los estilos constructivos empleados en la arquitectura vernácula española con estrategias bioclimáticas y el segundo, ver la posibilidad de trasladar estas estrategias de diseño hacia la arquitectura contemporánea. El documento sirve como una referencia, pues se ve la clasificación hecha para otro lugar. Las estrategias identificadas son: protección contra el viento, la lluvia, control solar, calentamiento pasivo, protección de la entrada y explotación de los recursos naturales.

1.2 Evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social

9. Díaz-Jimenez R. y Morillón D. (1999). Realizan un análisis térmico de la envolvente de la vivienda de interés social en 6 ciudades de México con climas distintos con base en la metodología propuesta por el anteproyecto de norma NOM-020-ENER-1998, consiste en determinar las ganancias térmicas por conducción a través de muros y por radiación a través de ventanas, para lo cual se estudian los materiales empleados. Se concluye en que solo dos ciudades cumplen con los requerimientos del anteproyecto de NOM-020-ENER (Toluca y Cd. De México). La evaluación es con base a la metodología de la NOM no es suficiente, se requiere de la simulación térmica, pero después podrían compararse resultados de los dos estudios.

10. Corrales A. (2000). Realiza un análisis bioclimático en la vivienda de interés social en el puerto de Topolobampo, Sin, México, el análisis incluye desde el monitoreo de temperatura interior y exterior así como humedad interior, hasta un estudio sobre el

balance térmico de las viviendas analizadas, ofreciendo las estrategias bioclimáticas con base en el estudio del bioclima del sitio. El autor no investiga acerca de la arquitectura vernácula, solo de la vivienda de Interés social y bajo las condiciones de un clima cálido pero con índices de mayor humedad, los resultados del monitoreo pueden servir como referencia.

11. Bojórquez G., Gallegos y R., Luna A. (2001). Simularon el prototipo de la vivienda en serie de Mexicali, B.C., con el programa DOEPLUS, los autores mencionan la necesidad de conocer el desempeño térmico que tiene la vivienda de interés social en esta ciudad dadas sus condiciones climáticas extremas y el gasto económico por climatizar. La vivienda se simula con un archivo de datos climático de El Centro, California, EUA y se calcula su desempeño utilizando un sistema de aire acondicionado para todas las zonas (excepto el baño), se determinan las cargas térmicas que existen por conducción en muros, infiltración y ventilación así como las cargas internas por ocupantes. Como resultado indican que la mayor ganancia de calor se encuentra en la conducción en muros (37%), de la cual el techo ocupa un 20%. Tales datos pueden ser contemplados y servir como base de adecuación a realizar mas adelante.

12. Fitch J., (2002). En su tesis de maestría realizó un procedimiento para determinar el valor de la vivienda en el área metropolitana de Monterrey a partir del confort térmico. El estudio determina las herramientas para diagnóstico del grado de confort en el interior de la vivienda. La parte quizá mas importante de este documento para la realización de la presente tesis, es el monitoreo y simulación térmica que realiza de la vivienda en Monterrey (clima cálido seco) y concluye en que esta tampoco cumple con las condiciones de confort higrotérmico para el usuario por lo que existe la necesidad de emplear equipo mecánico para enfriar.

13. Borbón A., (2003). En su tesis de maestría realiza una evaluación de la vivienda de interés social en Hermosillo, Son. La autora analiza el comportamiento térmico monitoreando la temperatura y humedad en las partes de la envolvente de la vivienda típica (losa y muros en cada espacio). Encuentra que la vivienda no cumple con los requerimientos de diseño acorde al ambiente y que repercute en el desconfort interior de la misma. En este documento se habla de una posible forma de adecuación por medio de anexar control solar, agregar vegetación, etc.

14. Gómez-Muñoz V., Porta-Gándara M., Heard C. (2003). Analizaron el rendimiento térmico y energético de la cúpula en donde se incluye el efecto de auto sombreado durante varios días y a través de un año para diferentes latitudes. Los resultados son comparados con los del rendimiento de la típica losa empleada en las viviendas de interés social en México. Encuentran que la cúpula recibe alrededor de 35% menos cantidad de energía que la losa plana entre los equinoccios, así como identificar otras ventajas tales como iluminación, ventilación y altura. Con este estudio se podría contemplar la idea de hacer una adecuación de la vivienda de interés social en cuanto a la forma de la cubierta, pero ya no sería justificable el concepto de adecuarla en base a la arquitectura vernácula de clima cálido seco en el Noroeste de México, pues en este tipo de arquitectura no se emplea la cúpula.

1.3 Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social

15. Bojórquez G., Gallegos R., Luna A. (2000). El objetivo de su trabajo fue mostrar cuantitativamente como una vivienda diseñada con estrategias de adecuación ambiental, tiene un requerimiento de climatización menor que aquella donde su diseño no considera el clima donde se proyecta. Para el desarrollo del trabajo se seleccionaron tres prototipos

de vivienda diferentes, en dos de los cuales se diseñó sobre la base del clima y con estrategias de adecuación ambiental, el tercero fue de una vivienda de interés social. Se simuló el comportamiento térmico de cada caso, y se determinó el máximo requerimiento de climatización artificial por volumen de construcción. Se concluye en la factibilidad de construir una vivienda en el desierto con las características de INFONAVIT con menos requerimiento de enfriamiento. Existe la contribución en la comprobación de que es factible la adecuación, pero esta no es en base a la arquitectura vernácula y el clima es diferente.

16. Chan D., Romero R., Bojórquez G. y Luna A. (1999). Los autores muestran los resultados al simular térmicamente una vivienda unifamiliar representativa donde se evalúa el efecto de dos estrategias de adecuación ambiental: aislamiento en envolvente y cambio de material las cuales se consideran variables. Esto es en términos de ahorro de energía eléctrica por la disminución en el uso de sistemas de refrigeración en verano. Los autores concluyen en que la mejor opción para reducir el uso de estos sistemas y así ahorrar energía es aislando el techo y los muros, pero usando el sistema de tabique común en ellos y no el que más comúnmente se usa en las viviendas de interés social como lo es el bloque de concreto. En este trabajo se realiza una adecuación ambiental de la vivienda de interés social, pero no se contemplan en ella la adecuación con elementos de la arquitectura vernácula de la región sino la orientación, aislamiento en muros, control solar, etc.

17. Reséndiz O, Velásquez M., Poujol F. y Sierra I. (2002). Mencionan la necesidad de emplear elementos constructivos de la construcción tradicional de Baja California Norte en la vivienda de interés social, en este trabajo se realiza un monitoreo de temperaturas en una vivienda con un sistema de adobloque en muros como aislante térmico, la vivienda está ubicada en zona desértica y es de tipo clase económica media. En los resultados se menciona la altura óptima del techo basándose en la proporción de los espacios de la vivienda de interés social y las cualidades térmicas del adobloque como material aislante. En este trabajo no se contempla el impacto en el ahorro energético por emplear el material aislante ni se toman en cuenta los demás elementos de la arquitectura vernácula en la evaluación térmica, pero se tomará en cuenta el estudio de la altura óptima que se menciona aquí para la adecuación de la vivienda en la presente tesis.

18. Ochoa J., Marincic I. y Aguilar J. (2003). Los autores analizan 3 prototipos de vivienda (nivel medio) en clima cálido muy seco (Hermosillo Son.) uno con diseño tradicional, el segundo de una vivienda eficiente en la que la envolvente es aislada con poliestireno (cubierta y algunos muros), el tercero tiene un sistema alternativo propuesto con muros de paja cubiertos de cemento, cal y arena reforzados con una malla de alambre, la cubierta se integra de madera, una delgada capa de tierra, mortero, aislante e impermeabilizante reflexivo. Se evalúan los tres casos por medio de una hoja de cálculo electrónica, siguiendo los pasos por Sámano (1992) y ASHRAE considerándose la realización de un balance de energía de la vivienda con el ambiente tomando en cuenta las cargas térmicas del exterior. Los autores concluyen en que la vivienda eficiente (caso 2), tiene un mejor desempeño energético ya que tiene menos pérdidas de calor en la temporada de frío y menos ganancias en verano, comentando al final que el diseño tiene un efecto directo en el desempeño térmico de la vivienda. Los autores evalúan 3 tipos de vivienda pero ninguno con características de las que posee la de interés social y tampoco incluyen elementos de la arquitectura vernácula del sitio en las adecuaciones bioclimáticas.

19. Porta-Gándara M., Rubio E., Fernández J. (2001). Los autores realizan una evaluación económica de algunas técnicas de confort térmico pasivas, estas se desarrollan con objeto de comparar en términos de ahorro de energía y tiempos de vida del edificio. La comparación es hecha de una vivienda vernácula que emplea materiales como el adobe, en contraste con la moderna (interés social) que emplea ladrillo en las

condiciones climáticas de La Paz, BCS en México. El resultado del cálculo indica que es mejor emplear técnicas pasivas, es más confortable y económico que construir edificios como los actuales. La evaluación es en cuanto al costo por climatizar, no se evalúan los elementos de la arquitectura vernácula. El trabajo presentado es una referencia mas si se trata de realizar investigaciones futuras y además de saber que alguien mas ya adecuó una vivienda de interés social con adobe y obtuvo resultados favorables, veremos que sucede al realizar una adecuación con mas elementos.

1.4 Conclusiones

De los documentos encontrados y enfocados a las tres temáticas, se puede decir que no existen estudios cuantitativos de la arquitectura vernácula del Noroeste de México. Pero estos, sirven como base para complementar y guiar el presente estudio, como es el caso del trabajo hecho por Cañas I. y Martín S (8)., en donde ya hay un planteamiento de como estudiar la arquitectura vernácula de cualquier país. En el caso de Khaled All, (6), existe una evaluación de la vivienda vernácula de Sana, aunque no cuantitativamente en términos de eficiencia térmica. En cuanto a la evaluación de la vivienda de interés social, existen documentos en donde se ha comprobado su ineficiencia térmica en todos los documentos mencionados en este campo, por lo que se puede justificar el hecho de ofrecer una alternativa de adecuación basada en el estudio de la arquitectura vernácula del mismo lugar. En el campo de la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social, se encontró que no existe ninguna realizada en base a los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula, mas sin embargo, autores como Morillón D. (1996), Reynolds S. (1982 y 1996), Khaled A. (2001), Latour H., y la asociación ICOMOS, coinciden en que es viable la adecuación bioclimática de la vivienda contemporánea basada en el estudio de la arquitectura vernácula de cada lugar.

1.5 Objetivos

De acuerdo a los documentos analizados citados anteriormente se desligan los siguientes objetivos:

1. Identificar los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula de la región de clima cálido seco en el noroeste de México.
2. Conocer el comportamiento térmico de la arquitectura vernácula mestiza del noroeste de México con todos sus elementos bioclimáticos durante un año climático típico.
3. Conocer el comportamiento térmico de la vivienda de interés social en clima cálido seco durante un año climático típico.
4. Determinar la factibilidad de realizar una vivienda de interés social con adecuación bioclimática, con base a la arquitectura vernácula y de ser así, determinar también el comportamiento térmico durante un año climático típico.
5. Emitir recomendaciones y puntos claves a tomar en cuenta para la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social.

2. ASPECTOS DE CLIMA

y Bioclima

2.1 Clima cálido seco en México

Los climas BW y BS, cálido muy seco y cálido seco respectivamente, (E. García, 1973), se localizan en la parte norte de la Altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1500 m, así como en la porción de la llanura costera del Pacífico situada al norte del paralelo 23° norte y en las zonas litorales de la península de la Baja California, así como en la parte centro y sur del país, la figura 1, muestra un mapa climático para la República Mexicana.

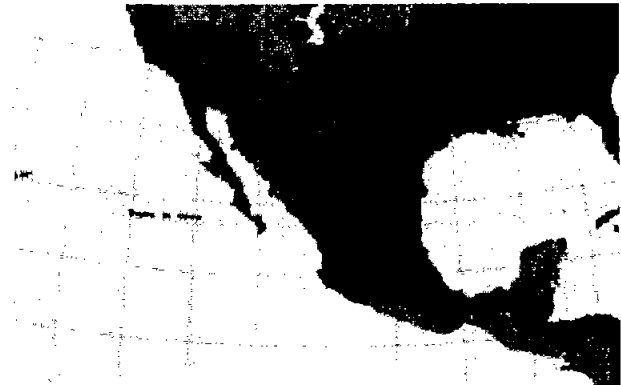
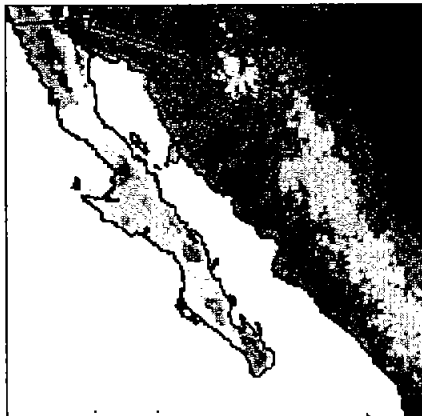


Figura 1. Mapa de climas en México⁴⁵.



Enfocándose a la parte Noroeste, de la cual versa este estudio, los climas BS Y BW se encuentran en los estados de Sonora, Sinaloa y las Bajas Californias, esta región se localiza en el sector noroccidental del país (ver figura 2). Se distribuye entre la península de Baja California, en donde se encuentran algunas sierras (Juárez, San Pedro Mártir, La Virgen, Santa Lucía y La Giganta), y el sector continental que se extiende por las estribaciones occidentales de la sierra Madre occidental y la llanura costera del golfo de California, en el litoral del océano Pacífico.

Figura 2. Mapa del Noroeste de México⁶⁵.

Esta región limita al norte con Estados Unidos, al sur con el océano Pacífico y Nayarit, al este con Chihuahua y Durango y al oeste con el océano Pacífico. Combina suelos pobres, arcillosos, salinos y alcalinos junto con suelos ricos en materia orgánica de los cuales se derivan los sistemas constructivos que se emplean en la arquitectura vernácula de la región.

2.1.1 Ciudades del Noroeste con clima cálido seco (BS y BW)

Se realizó una comparación de tres distintas clasificaciones climáticas del país, esta fue hecha entre INEGI, la biblioteca electrónica Encarta 2002 y la Dra. E. García tomando como definitiva la última al contemplar que se tiene un mayor grado de exactitud en las variables y estudio de cada lugar. En la tabla 1 se enlistan 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 las variables climáticas.

ESTADO	CIUDAD	INEGI	DR. ENCUESTA GARCÍA	ENCARTA 2002	
SONORA	Hermosillo	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	Ciudad Obregón	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	Guaymas	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	Empalme	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	San Carlos	Muy seco semicálido			Cálido seco
	San Luis Río Colorado	Muy seco semicálido	BW(h)hw(x)(e)	Cálido muy seco	Cálido seco
	Navojoa	Seco muy cálido y cálido	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
BAJA CALIFORNIA	Mexicali	Muy seco muy cálido y cálido	BW(h)hs(x)(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	Tecate	Seco templado	BSk(s)(e)	Cálido seco	Cálido y muy seco
BAJA CALIFORNIA SUR	La Paz	Seco muy cálido y cálido	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
SINALOA	Culiacán	Semiseco muy cálido y cálido	BS(h)hw(e)	Cálido seco	Cálido seco
	Los Mochis	Muy seco muy cálido y cálido	BW(h)hw(e)	Cálido muy seco	Cálido y muy seco
	El Fuerte	Seco semicálido	BS(h)hw(e)	Cálido seco	Cálido y muy seco
	Guamuchil	Seco semicálido	BS(h)hw(e)	Cálido seco	Cálido seco
	Guaresave	Seco semicálido	BS(h)hw(e)	Cálido seco	Cálido seco

Tabla 1. Ciudades del noroeste de México con clima cálido seco y cálido muy seco.
FUENTES: 57, 22 y 49.

2.1.2 Características climáticas del Noroeste de México

Los climas cálido seco y cálido muy seco, corresponden a vegetación predominante de cactáceas, matorrales espinosos o inermes, etc. los valores promedio mas altos de humedad relativa se dan por lo general en los sitios cercanos a la costa, llegando hasta un valor máximo de 60% en los meses húmedos y en casos como Culiacán; en los sitios que se encuentran fuera del toque de las brisas marinas estos índices son menores.

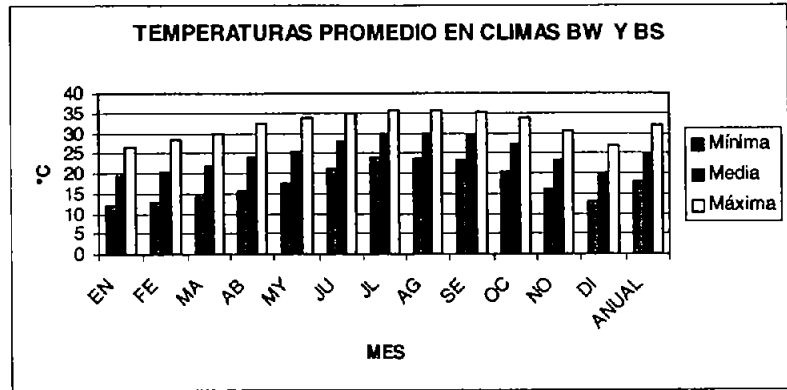
2.1.2.1 Temperatura

La oscilación de temperatura se da dependiendo del sitio en el que se encuentre cada ciudad, para los climas mencionados el valor varía desde los 7 hasta mas de 14°C, siendo estos muy extremosos como es caso de muchas ciudades en Sonora: San Luis Río Colorado, Hermosillo, Obregón, Guaymas, Navojoa, en el estado de Baja California está Mexicali y en Sinaloa, Los Mochis. La temperatura promedio anual varía de los 24 hasta los 26°C, los valores para cada mes en cada sitio son alrededor de los que presenta la gráfica 3.

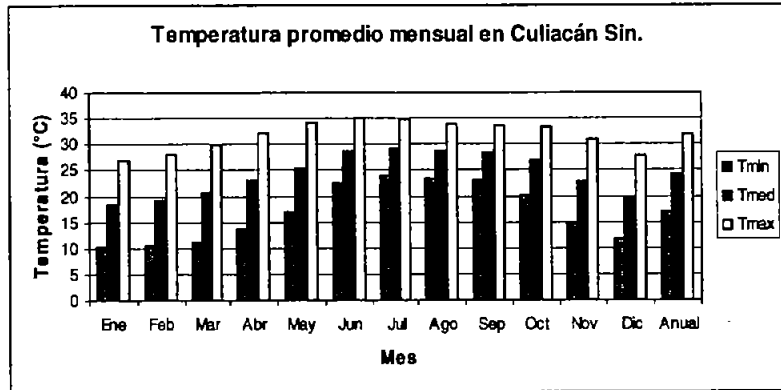


Figura 3.
Paisaje típico de climas cálido seco

Gráfica 3. Temperatura de ciudades de la tabla 1 del noroeste de México, BS y BW.



Gráfica 4. Temperaturas promedio mínimas, medias y máximas al mes en Culiacán Sin.

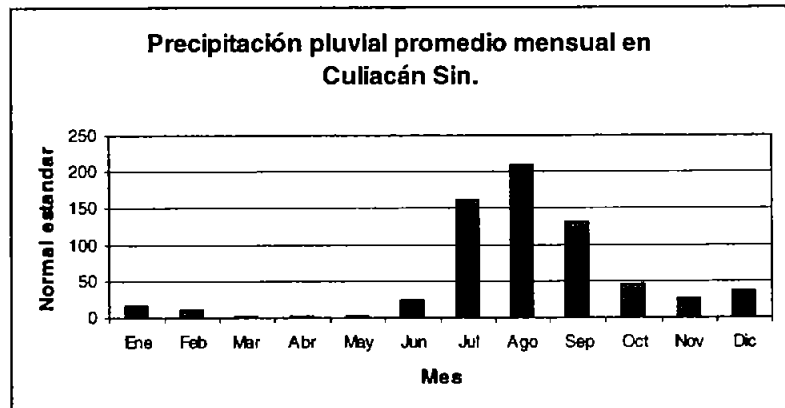


Si comparamos las gráficas de temperatura 3 y 4, se puede observar una mínima diferencia entre los valores promedio de la tabla 1 y los de Culiacán, Sin. Señalando un factor importante: la humedad y precipitación pluvial en Culiacán está por encima de la humedad relativa del promedio de las demás ciudades. Durante la simulación térmica (capítulo 5) se topará con la necesidad de conseguir mayor cantidad de datos de clima para generar el archivo de datos climáticos TMY2, el cual será empleado en la simulación. Se ha elegido el clima de Culiacán específicamente, por la posibilidad de obtener mas datos climáticos para ello y también por ser la ciudad mas grande de las mencionadas en la tabla 1, por lo que, todos los datos de clima que se verán a continuación pertenecen al sitio mencionado.

2.1.2.2 Precipitación Pluvial

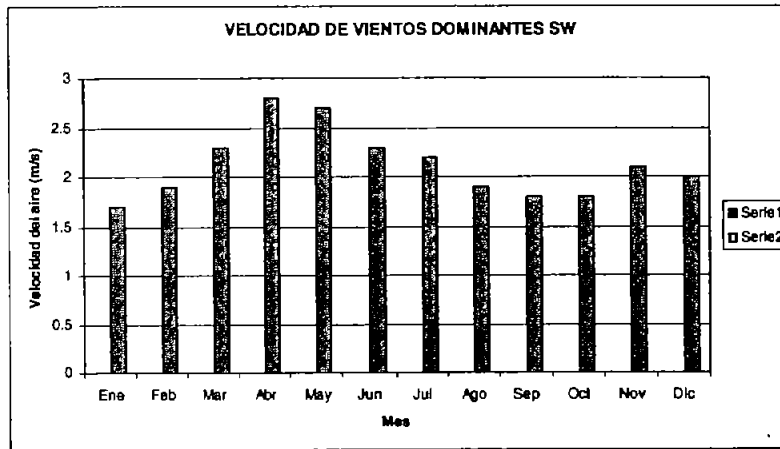
La precipitación pluvial es escasa con lluvias en verano y en diciembre pequeñas lluvias moderadas (equipatas). En la gráfica 5 se tomaron los datos de precipitación de ciudades de la tabla 1, elaborándose un promedio.

Gráfica 5. Valores promedio de precipitación para Culiacán, Sin.



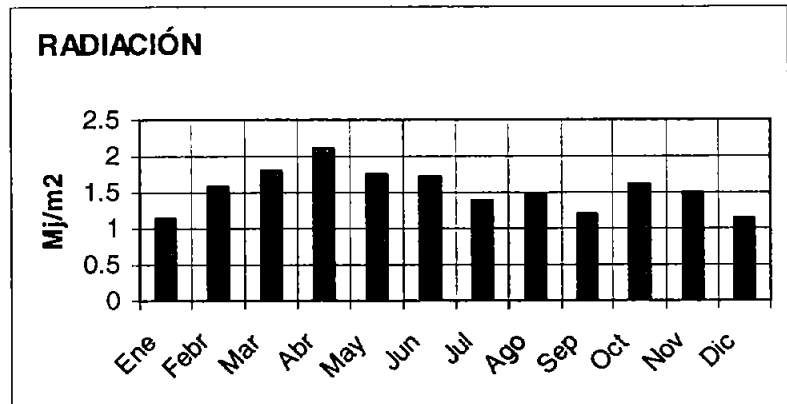
2.1.2.3 Vientos Dominantes

Sus vientos dominantes en promedio tienen dirección SW, variando la fuerza e intensidad de estos desde los 2 hasta los 6m/s.



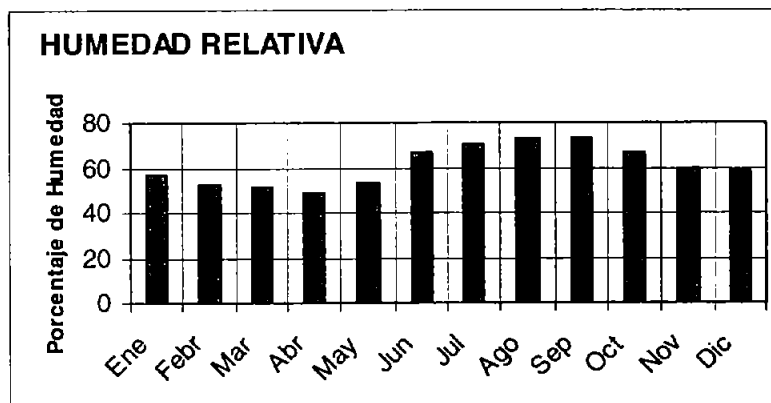
Gráfica 6. Valores promedio de vientos en m/s y con dirección predominante Suroeste para Culiacán, Sin.

2.1.2.4 Radiación



Gráfica 7. Valores promedio de radiación solar para Culiacán, Sin.

2.1.2.5 Humedad Relativa



Gráfica 8. Valores promedio de Humedad relativa para Culiacán, Sin.

2.2 Estudio del bioclima

El estudio del bioclima se realizó para la ciudad de Culiacán, al ser su clima tomado como representativo (como se mencionó anteriormente). Este depende de factores como el clima del sitio y la termofisiología humana, con ello y herramientas bioclimáticas, que son los diagramas psicrométricos o cartas bioclimáticas de Olgay (ver figura 4) y Givoni, adaptados para el lugar en estudio (Culiacán, Sin.), se realiza el cálculo del termopreferéndum de Auliciems (1990).

2.2.1 Termofisiología humana

El cuerpo humano necesita mantener una temperatura interna constante de 37°C, cualesquiera que sean las condiciones térmicas de su entorno inmediato. Esta temperatura no es uniforme: la temperatura de la piel es inferior a la del interior del cuerpo, y la de las extremidades resulta a su vez, inferior a la del tronco. Podemos aceptar como temperatura media de la piel 35°C. La circulación sanguínea contribuye en gran medida a uniformizar la temperatura del interior del cuerpo.

2.2.1.1 Confort Térmico

Es la zona en la cual no se produce un sentimiento de incomodidad. Una zona muy similar a la de neutralidad térmica, que varía según los individuos, los tipos de vestido y la naturaleza de la actividad que se realiza. Es el punto medio de neutralidad térmica.

2.2.2.2 Grado de confort térmico

Las propiedades del aire contienen por lo menos 4 factores ambientales físicos determinantes del grado de confort térmico sentido por un sujeto.

1. La temperatura del aire
2. La Humedad del aire.
3. Velocidad del viento
4. Radiación térmica de los cuerpos circundantes.

Existen otros factores de carácter general como:

1. La actividad desarrollada
2. La vestimenta
3. Valores individuales (actividad, metabolismo, sexo, etc.)
4. Velocidad de cambio de condiciones
5. Percepción de control individual de las condiciones

2.2.2 Termopreferéndum

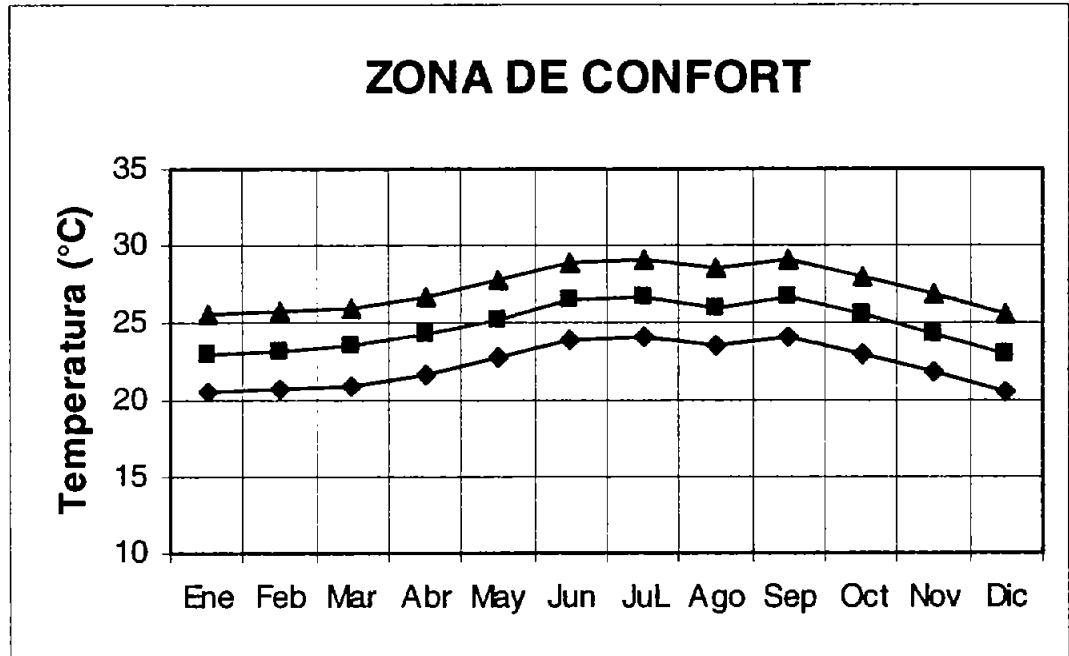
Es la temperatura de confort humano. La ecuación de Auliciems (1993), nos permite definir el rango de confort para la localidad que se estudia, de manera que pueda establecerse en que épocas del año se está o no dentro de los límites de comodidad el cual tiene un valor de 2.5°C alrededor del T_p .

$$T_p = 17.6 + 0.31(T_m)$$

Donde:

T_p = Temperatura neutra de confort (centro de la zona de confort)

T_m = Temperatura promedio media mensual del sitio en estudio.



Gráfica 9. Variación del rango de confort para Culiacán Sin.

2.2.3 Diagnóstico: carta bioclimática

Es un instrumento gráfico que nos permite determinar los principios del diseño bioclimático, esta carta incluye los requerimientos de climatización para cada clima de cada época del año y funciona con datos horarios promedio. Se utiliza una carta por cada mes del año en donde se vierten los datos con coordenadas de humedad y temperatura horaria que representa a un día típico.

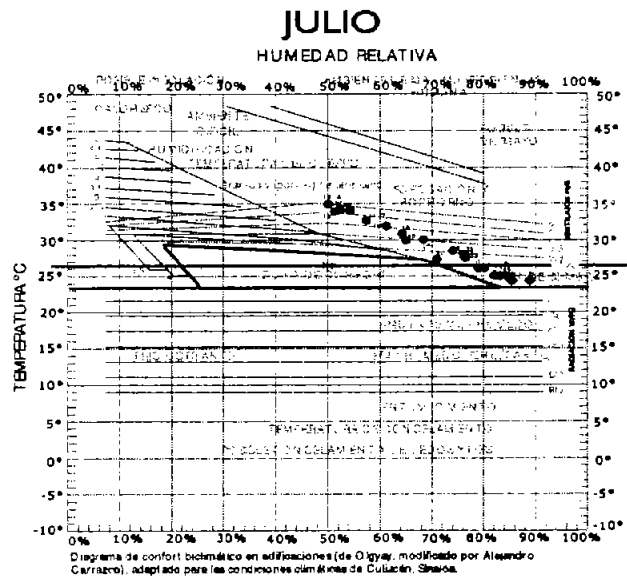


Figura 4. Carta bioclimática de V. Olgay adaptada para las condiciones de Culiacán Sin. En el mes de Junio.

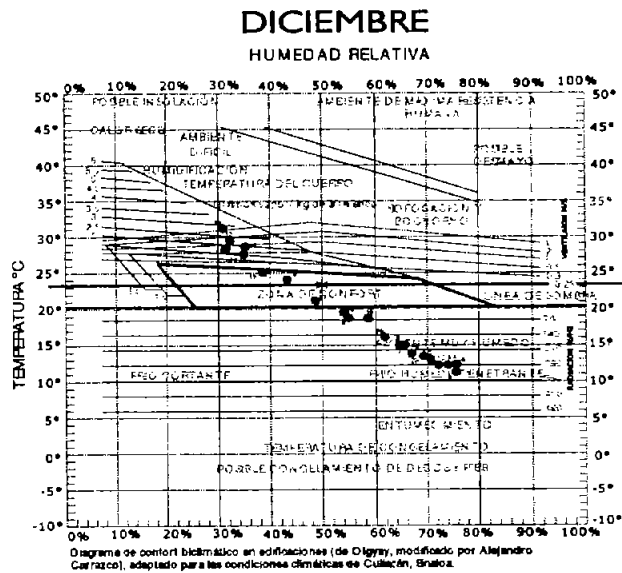


Figura 5. Carta bioclimática de V. Olgay adaptada para las condiciones de Culiacán Sin. En el mes de Diciembre.

2.2.4 Diagrama de Isorrequerimientos

El resultado de todo este análisis lleva a un diagrama final en el que se encuentran los isorrequerimientos térmicos horarios para el usuario, específicamente del clima en estudio; basado en este, se emiten las estrategias de climatización pasiva para cualquier época del año, tales como ventilación, enfriamiento evaporativo, calentamiento pasivo, etc. (ver figura 6).

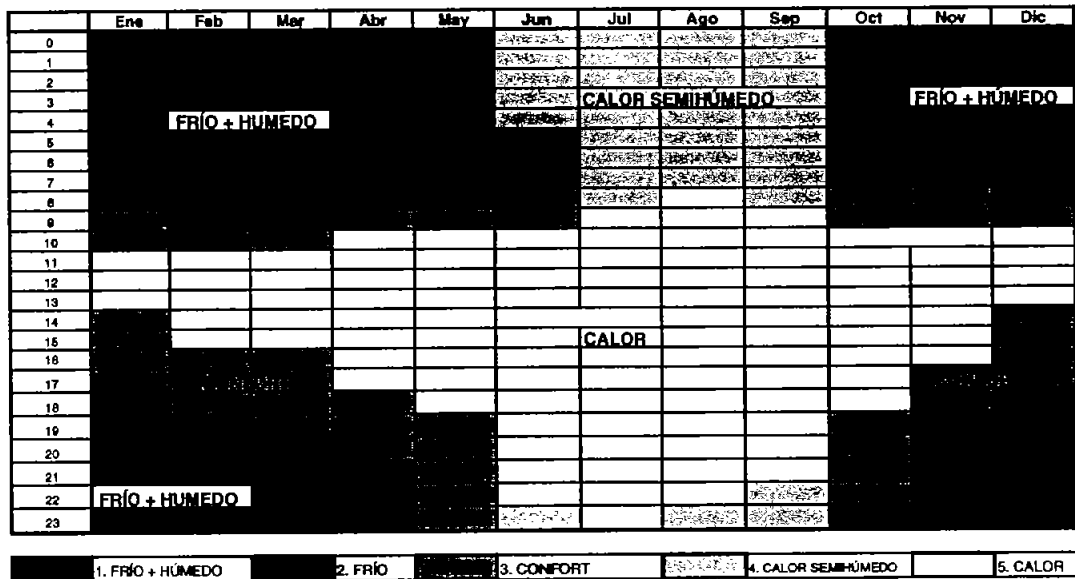


Figura 6. Diagrama de isorrequerimientos horarios derivado del diagrama psicrométrico de Olgay, para las condiciones climáticas de Culiacán, Sin.

En la figura 6 se observa que el calor se presenta de 3-5 horas alrededor de mediodía en meses fríos (Dic-Ene), de 5-8 horas en meses de transición (Feb-Abr y Nov) y desde las 13-15 horas en meses cálidos (May-Oct). El confort aparece en un promedio de 5 horas diarias y el frío en las noches y en las madrugadas de Noviembre a Marzo. Los ambientes húmedos con calor 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%. Esto talvez contradiga el concepto de clima cálido seco para algunos, pero la denominación se da a partir de una humedad media anual y Culiacán no se llega a valores altos de humedad en promedio.

3. ARQUITECTURA VERNÁCULA

de Clima cálido seco

3.1 Arquitectura vernácula de México

3.1.1 Introducción

Algunos autores la llaman tradicional, vernácula, campesina, rural, arquitectura sin arquitectura, arquitectura anónima, popular, de masas, primitiva, indígena o folclórica; todos estos significados conducen a lo mismo. La arquitectura vernácula recibe varias acepciones según el autor y la época de la definición, en adición, esta tiene variaciones de estilos, dependiendo de la zona geográfica y de las costumbres de cada usuario. Generalmente se habla de diferentes términos utilizándolos como sinónimos, así se pueden encontrar expresiones arquitectónicas como "aquella concebida como no culta, sin un estilo deliberado, y no relacionada con la arquitectura oficial".

Se define a la arquitectura vernácula la que la sociedad de los pueblos ha logrado desarrollar a lo largo de los tiempos sin grandes recursos económicos y sin ayuda de arquitectos y técnicos especializados. Se establece que en ella aparecen constantes de elementos de carácter popular y tradicional. 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 la situación geográfica y climática, en cada región se emplean elementos a la edificación que permiten tolerar las inclemencias del clima y adaptarse al entorno inmediato.

La arquitectura vernácula en todo el mundo, a través de la historia, ha sido resuelta en base a principios lógicos y no en modas o estilos pasajeros, los diseñadores, en cada región, tomaban en cuenta aspectos de practicidad, naturaleza y economía. Esto llevaba a la creación de edificios acordes con el entorno natural y además, forjaba el carácter arquitectónico del origen de cada asentamiento. En lugares como en Arabia, los muros de arcilla gruesos, la pequeña ventana que daba poco pie a la radiación solar, las cúpulas en el medio oriente con fines bioclimáticos, los arcos en Grecia, España, el patio central presente en la mayoría de los edificios de todas las culturas, en fin, cada lugar tiene un edificio con una respuesta distinta al clima que refleja la síntesis cultural de los orígenes e influencias de cada asentamiento.

Antes del siglo XX no se habían considerado las edificaciones vernáculas como valores arquitectónicos, normalmente se manejaron conceptos elitistas, que menospreciaban a estas construcciones. Actualmente esto se ha discutido en el ámbito internacional, llegando a ser considerado como patrimonio, es cuando Rudofsky, B. (1960), en "Arquitectura sin Arquitectura" da el termino "vernácula" para estas edificaciones, y por primera vez realiza un estudio y descripción de estas construcciones, mas adelante, Prieto V. (1984) en la publicación titulada "Arquitectura popular mexicana", utiliza como sinónimos a la arquitectura vernácula y la popular. Comentando que estas construcciones le confieren carácter propio y singular a cada región constituyendo la tradición arquitectónica más genuina e integran una gran parte importante del patrimonio cultural del país.

Es notable que deban señalarse los factores culturales e históricos como determinantes en la formación de la arquitectura vernácula. Además, otra característica que distingue a la misma, es la auto-construcción y el sistema de autoconsumo. La arquitectura vernácula en la actualidad ha sido marginada y menospreciada, algunas razones son: la migración del pueblo a la ciudad que trae consigo construcción masiva de viviendas, factores culturales como la transculturación y problemas económicos-sociales entre otros. Es imposible ignorar el impacto que la moderna sociedad industrializada ha tenido sobre los idiomas vernáculos de todo el mundo. En general, las autoridades locales destruyen rápidamente los viejos edificios para sustituirlos con otros que consideran modernos y contemporáneos. El Dr. Latour H.⁵⁵ dice: *"Debemos tener muy presente que el interés en la arquitectura vernácula debe estar directamente relacionada al aprovechamiento pasivo de la energía y del clima"*. Además el mismo hace énfasis en que si estudiáramos la arquitectura del pasado en términos científicos, esto podría generar bases para el diseño eficiente del hábitat moderno y post industrial.

3.1.2 Clasificación

En México se puede hablar de dos vertientes principales, de ellas se derivan todos los estilos que se han emplazado en cada sitio, estas dos vertientes de las que se habla son: la arquitectura vernácula mestiza y la arquitectura vernácula indígena (Morales, 1993).

Cuando se habla de arquitectura vernácula generalmente se está hablando de vivienda dado que es la edificación mas común de esta, los edificios de gobierno, escuelas u otros son en la mayoría de los casos diseñados por personas especializadas, aunque existen otros que tienen esta arquitectura como las "casas de ejido", algunos pequeños comercios, templos, etc.

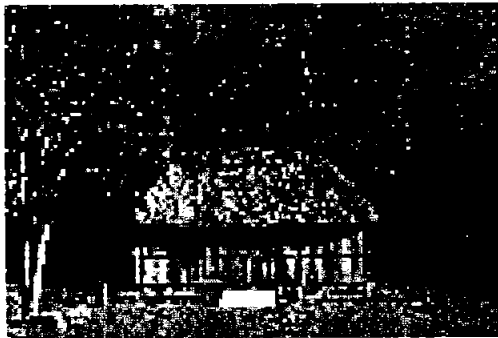


Figura 7. Vivienda vernácula (indígena) típica en el estado de Tabasco.

La vivienda indígena en México varía un poco mas en estilo dependiendo de la zona por ejemplo la casa redonda, de muro de madera y techo de paja que era y es común en los pueblos de Oaxaca, Guerrero y Tlaxcala, también en Yucatán y Quintana Roo, la casa de techo inclinado a "un agua", común en Teotihuacan y en el centro del país; la casa absidal que los descendientes mayas conservan en sus comunidades, En Chiapas y Tabasco se encuentra la casa de planta cuadrada con techo piramidal, en el norte y noroeste se encuentra la planta rectangular con techos de terrado gruesos con vegetación silvestre arriba y muros de adobe de dimensiones de hasta 1 metro.



La vivienda Mestiza, por su parte denota la relación que tiene con la arquitectura española (Andalucía y Extremadura), señalando que esta arquitectura se edificó en las ciudades o pueblos grandes, mientras que la Indígena, se asentó en el campo.

Figura 8. Fachada común de edificios de estilo vernáculo con influencia española en México.

3.1.3 Características

En el primer seminario internacional de arquitectura vernácula, en México, (ICOMOS-1993), se define a esta, como el "producto de la participación comunitaria, que mantiene sistemas constructivos resultado de sus recursos disponibles." Se hace mención de que la técnica, el resultado volumétrico, así como el color y las relaciones espaciales, son producto del conocimiento comunitario heredado, sirviendo esta como medio de identidad del grupo. En las conclusiones de este seminario, se destaca que hay factores constantes en la producción vernácula que la distinguen de otras construcciones, como son:

- Uso de materiales renovables reproducidos en gran escala;
- Empleo de materiales reciclables que al término de su vida útil se integran al ecosistema natural sin alterar modos de vida y patrones tradicionales
- Ofrece expectativas a largo plazo coherentes a la protección del medio ambiente
- Depende exclusivamente de la economía local o regional con la utilización solo de sus propios insumos; individual o colectiva
- Su ejecución es local y existe siempre la participación del usuario o la comunidad

Niño, N. (1998) Dice que la arquitectura vernácula tiene como características:

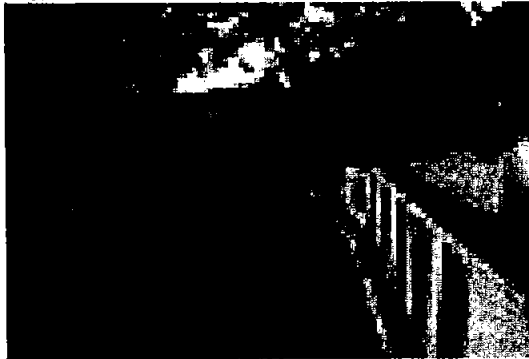
- Mano de obra local
- Técnicas artesanales
- Materiales locales
- Aplicación de conocimientos no profesionales basados en la experiencia,
- Facilidad de adaptación a los cambios culturales
- Adaptación al paisaje.

Por lo que:

- No sigue una única tipología sino que es la expresión propia de cada comunidad.
- La autenticidad en la arquitectura vernácula tiene un valor abstracto, ya que es la sensibilidad y la simplicidad de un grupo que crea y transforma el espacio para desarrollar su vida diaria.
- La autenticidad en la arquitectura vernácula no se refiere únicamente al sentido de original o genuino, sino al sentido de la creatividad artística de formas y volúmenes al definir un espacio.
- Se refiere a la sinceridad de ser lo que es, sin buscar aparentar ser otra cosa

3.2 Arquitectura vernácula de clima cálido seco

Zambada (2000), acorde con lo dicho en el punto (3.1.3), menciona dos vertientes de la arquitectura vernácula de la región mayo (sur de Sonora), estas dos vertientes o géneros tienen su origen uno en la historia y otro en la naturaleza. Menciona que esta arquitectura consta de dos importantes bases: el clima y los recursos naturales y que la influencia histórica comprende el efecto de las tradiciones españolas y la indígena precolombina como asegura también Morales en su libro *Arquitectura vernácula de México* (1993) solo que este último dice que además de una influencia europea y una indígena, existe también una africana, pero en el caso del noroeste de México como es la región Mayo o la región Yaqui, el valle de El Fuerte o gran parte de la zona económica



Noroeste de nuestro país, no se encuentran motivos de influencia africana en la arquitectura vernácula, por lo que retomando lo que se mencionó en la parte de la clasificación, las dos vertientes que se encuentran en el noroeste de México notablemente son la mestiza y la indígena.

Figura 9. Vivienda vernácula (mestiza) típica en poblaciones del noroeste de México.

A continuación se presentan algunos puntos como base para distinguir mas claramente cuales son sus diferencias:

3.2.1 Arquitectura vernácula indígena

Esta presenta una herencia netamente prehispánica, hay que señalar que existe escasez en el testimonio de los elementos prehispánicos, sin embargo existen referencias como el tipo de planta arquitectónica parecida a la planta de la vivienda prehispánica, en dimensiones y alturas.

En ella, la conformación espacial, emplazamiento y apariencia es de mayor sencillez que la mestiza, pues pertenece a gente de menores recursos económicos (campesinos, trabajadores del campo, pescadores, etc.) y es mas escasa que la mestiza. La arquitectura indígena, es elaborada con materiales mas maleables como la tierra, la madera, restos vegetales como paja, y piedra; estos materiales se localizan en el alrededor inmediato, en muchas de las veces la tierra que se emplea en la construcción es obtenida de unos cuantos pasos, la madera y rocas de igual forma lo cual forma una idea de la simplicidad en el proceso constructivo, la siguiente clasificación se elaboró tomando como base los datos encontrados en la revisión bibliográfica y la investigación de campo propia.

Actividades Económicas y uso de la vivienda

- El usuario tiene menos recursos económicos lo cual se refleja en la construcción al igual que la diferencia de cultura o estatus social
- Las actividades son mas relacionadas con el trato directo con la naturaleza (pesca, recolección de madera, agricultura, ganadería, hogar, huertos)
- Época de frío: recámaras (generalmente 2 y pequeñas)
- Época de calor: portal o al aire libre

Sistema constructivo

- Sistema constructivo que requiere de mayor mantenimiento al emplear la tierra como material de construcción principal

- Piso de tierra del mismo sitio (Barro, tierra muerta, arcilla, etc.)
- Paredes de adobe de unos 25cm de espesor (promedio), conformado por una mezcla de "latas" (tallos delgados de madera de alrededor, (palo colorado, palo duro, etc.), estas son colocadas en forma horizontal sobre murillos y van de piso a techo, después se cubren de una capa gruesa de lodo espeso de tierra del lugar.
- Losa de tierra con madera de aproximadamente 30 cm. de espesor.

Forma volumétrica

El grado de sencillez para la arquitectura indígena es notablemente mayor que el de la mestiza; Esta llega a dividirse en 3 zonas:

- Íntima (12.0m²)
- Servicio (10.0m², cocina y comedor, el baño se localiza en el exterior)
- Descanso, (tamaño que varía según el lote, es la más grande) abarca todo el patio y parte de las ramadas o portales (ver figura 26).
- Alturas relativamente bajas (2.4m – 3m)
- Espacios techados reducidos a dormir, cocinar y comer.
- Poca área de ventanas, alrededor del 7% respecto del total de área de fachada (poca exposición al sol, menor ganancia de calor)
- Portal o "ramada" como espacio de mayor uso que generalmente es de las dimensiones del largo del frente de la construcción aproximadamente 3m de ancho por 9 de largo.
- Generalmente, se emplea un volado que forma parte de la losa de la ramada de unos 0.50m de ancho.

3.2.2 Arquitectura vernácula mestiza

De acuerdo a Pérez (1998), la vivienda mestiza se inicia en el siglo XIX con la llegada de los españoles y sus nuevas tecnologías.

A diferencia de la anterior, esta arquitectura generalmente pertenece a personas de mayores recursos económicos (comerciantes, agricultores, ganaderos, rancheros, etc.), el manejo de los materiales autóctonos como la piedra, el adobe, tabique recocido, la madera son en mayor cantidad y de mayores dimensiones, pues las construcciones típicas de este tipo de arquitectura tienen mayor área de construcción, altura y por consiguiente, la estructura es diferente.



Figura 10. Edificación vernácula (mestiza) típica en ciudades del noroeste de México.

Actividades económicas

- El usuario tiene mejores recursos económicos
- Las actividades son relacionadas con el trabajo en el campo, rancho o pueblo y en mayor grado, por ejemplo la ganadería, el comercio y la agricultura.

Sistema constructivo

- Sistema constructivo perdurable, por ejemplo: muros de piedra, adobe, madera o tabique con enjarre de mortero y una capa de cal o pintura (varía desde los 20cm hasta 1m de espesor aproximadamente)
- Losa conformada de vigas de madera, capa de tierra y/o ladrillo.
- Piso de ladrillo o de piedra

Forma volumétrica

En la arquitectura mestiza la superficie construida es mucho mayor que en la indígena, el área de recámaras es de alrededor de 150m², lo cual ni siquiera equivale a la total construida de la indígena, el número de zonas de actividad por lo general es de cinco (ver figuras 36-37).

- Íntima (5 recámaras, 150.0m²)
- Servicio (Cochera, baños, lavado y secado de ropa)
- Pública (portales, a menudo se localiza el comedor y áreas de estar)
- Semipública (descanso interior)
- Patio central (al exterior, tiene jardín, fuente de agua o pozo)
- Grandes alturas (alrededor de 5m)
- Amplios espacios para cada actividad
- Los espacios son contiguos al patio central
- Mayor área de ventanas, circulación del aire e iluminación
- Protección solar: vegetación, postigos y arcos
- Mayor número de metros cuadrados de construcción

Los materiales más comunes que emplea la arquitectura vernácula de la región de acuerdo al elemento arquitectónico o estructural son (ver figuras en el capítulo siguiente):

1. Losas:

- Tierra muerta, compactada en capas desde 0.10 – 0.25 m.
- Madera, en forma de vigas de pino, amapa, palo colorado, etc.
- Vegetación (como las azoteas verdes)

2. Muros verticales:

- Tabique doble
- Adobe
- Combinación de madera y adobe
- Algunas veces arena en capas
- Piedra
- La cal, aglutinante para la composición de morteros y uno de los revestimientos impermeables más empleados por el hombre.
- Otros restos vegetales como paja, estiércol, restos de cultivos de trigo, zacates, etc.

3. Pisos:

- Tabique
- Piedra
- Tierra apisonada
- Concreto
- Adoquín
- Mosaico

4. Ventanas:

- Vidrio
- Madera

4. ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS

de la Arquitectura Vernácula de clima cálido seco

4.1 Estudio de los elementos bioclimáticos característicos

La mayoría de los elementos bioclimáticos encontrados durante el estudio de la arquitectura vernácula, fueron de la mestiza, pues en la de tipo indígena sobresalían solo los materiales (que requerían de un gran mantenimiento), el área de ventanas con relación a la envolvente y el empleo de la vegetación, sin embargo, debe quedar claro, que esto no desmerita el valor bioclimático de la arquitectura vernácula indígena, pues no se ha analizado a esta como tal. Se ha optado por analizar los elementos bioclimáticos de la mestiza, tomando en cuenta que se identificaron una mayor cantidad de estos y algunas ventajas como durabilidad, menos mantenimiento y estructura mas fuerte, entre otros. Los elementos bioclimáticos se dividieron en 6 grupos los cuales se describen a continuación y se explican a detalle en las páginas siguientes de este capítulo.

- **Control solar**
- **Vegetación**
- **Altura de losa**
- **Materiales**
- **Ventilación**
- **Sistemas pasivos**

4.1.1 Control solar

La estrategia bioclimática de evitar y permitir el paso de los rayos solares en la arquitectura vernácula para disminuir ganancias o pérdidas de temperatura, se da por medio de elementos como los postigos y arcos. En muchos casos, también se usa la vegetación para generar fachadas sombreadas, pero este elemento se verá en un punto aparte.

4.1.1.1 Postigos

Elementos utilizados frecuentemente en ventanas de la arquitectura vernácula mestiza, estos se usan como una barrera contra el ambiente exterior (polvo, lluvia, viento, calor, ruido, etc.). Generalmente son de madera y abatibles, lo que permite visibilidad; en su uso adecuado funcionan para tirar el calor generado durante el día manteniéndose cerrados durante las horas de mayor calor (así no entra el calor del exterior) y se abren por la tarde para que se tire el calor generado dentro del edificio.

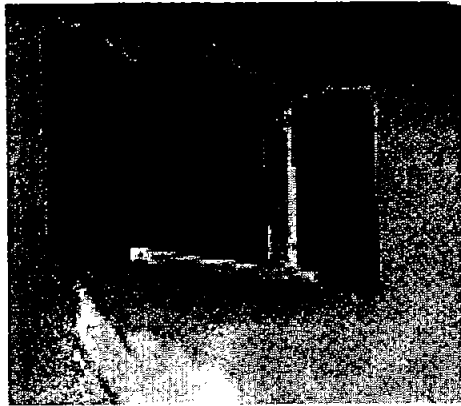


Figura 11.
Postigos en fachada en vivienda moderna.

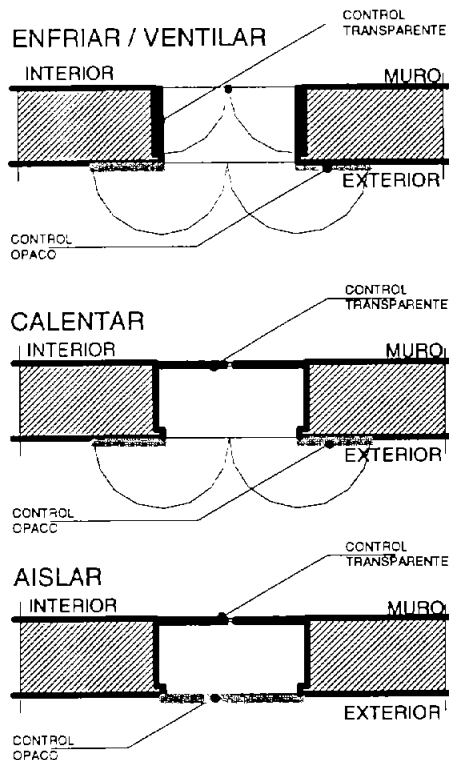


Figura 12.
Estrategias de climatización de postigos; Enfriar, Calentar y Aislar.

4.1.1.2 Arcos

Los arcos son un elemento de control solar en la arquitectura vernácula mestiza, generalmente se emplean en todo tipo de edificios, tanto residenciales como institucionales, comerciales y de gobierno; a menudo colindan con el patio central, directamente con la banqueta o ambiente exterior. Las dimensiones de los arcos varían dependiendo del tipo o magnitud del edificio siendo alrededor de los 5 m para edificios públicos y 3-4 m para habitacionales, (ver figuras 13 y 14). El principio original del portal es proporcionar sombra al muro colindante y generar áreas de circulaciones.

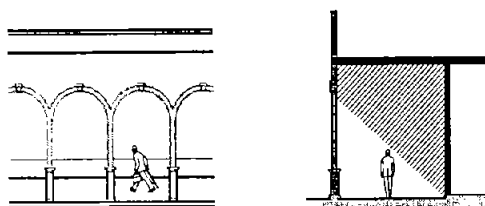


Figura 13. Arcos como elemento de protección solar en la arquitectura mestiza.

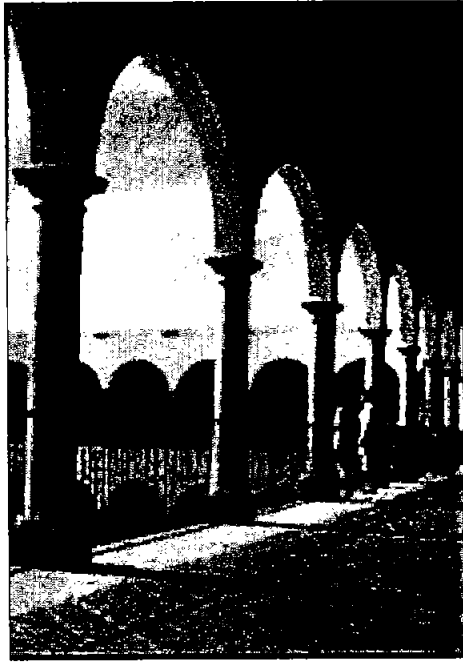
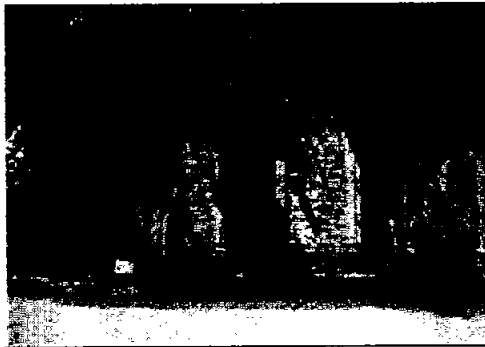


Figura 14. Arcos como elemento de protección solar en el palacio municipal de El Fuerte, Sin.

4.1.2 Vegetación

La vegetación en la arquitectura vernácula forma parte de la cultura del usuario, generalmente en los casos en los que las condiciones de abastecimiento de agua no es un problema grave, las edificaciones se rodean por todos los puntos cardinales de vegetación que le produce sombra generando así un menor contacto de los rayos solares sobre la envolvente lo que disminuye las ganancias de calor. En sitios donde existe escasez de agua la vegetación empleada es la autóctona, la que se encuentra de forma natural en el entorno inmediato, buscando que esta proporcione la mayor área de sombra también.



La vegetación tiene además otras ventajas bioclimáticas como proporcionar humedad al ambiente y mejorar la calidad del aire.

Figura 15. Vegetación en entrada de una vivienda vernácula en Quilá, Sin.

4.1.3 Altura de losa y dimensiones

4.1.3.1 Altura

Como se mencionaba en el capítulo anterior, las dos vertientes de la arquitectura vernácula difieren entre sí, una de estas diferencias es en cuanto a la altura de losa o techumbre, lo que repercute posiblemente en su desempeño térmico, en las fotografías (página siguiente) se aprecia la horizontalidad y el bajo contraste entre las alturas de los edificios.

La altura común en la vivienda indígena es de escasos 2.4 m en las partes mas altas, esto debido a la baja fortaleza de su estructura, para la vivienda mestiza por su parte la altura varía desde los 3 m hasta los 6 m aproximadamente (Figuras 16-18), en esta el

sistema estructural es mas macizo y las columnas o castillos soportan claros de 7 metros, la influencia de la tecnología española es notable en este caso.

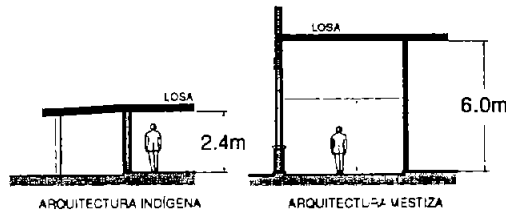


Figura 16. Alturas en la vivienda indígena (izquierda) y mestiza (derecha).



Figura 17. Alturas alrededor de 3 m, (Quilá, Sin.)

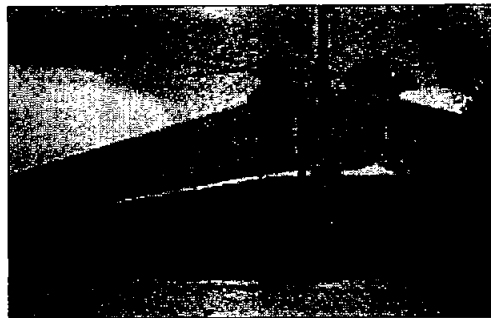


Figura 18. Alturas hasta los 7.5 m (Quilá, Sin.)

4.1.4 Masa térmica de los materiales

La envolvente es el elemento más importante para clima cálido tal como asegura Ochoa (1990), en la arquitectura vernácula, a diferencia de la contemporánea la envolvente se compone de materiales que poseen gran masa térmica, de mínimo impacto al ambiente y de fácil construcción y aunque requiere de un mayor mantenimiento, su empleo trae consigo muchas mas ventajas.

4.1.4.1 Muros verticales

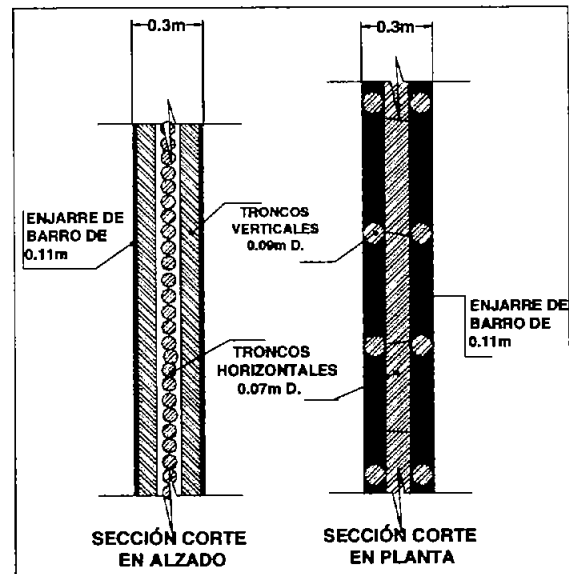
La mayoría de las edificaciones están hechas con muros de adobe con espesores de 0.7 (Figura 19) y en ocasiones hasta de 1 m. Logrando con su alta masa térmica tolerar las condiciones del clima cálido seco funcionando prácticamente como aislante. Existen, dada la idiosincrasia del mexicano gran variedad de sistemas y procesos constructivos que de analizarlos requiere de más tiempo y al hacerlo podría perderse el objetivo de este documento. Las figuras 18 a 23 representan sistemas constructivos comunes.



Figura 19. Fotografía de un muro de adobe de 0.70m de espesor. La Tuna, Sin.

La figura 20 muestra un sistema constructivo típico de la arquitectura vernácula indígena compuesto de barro y madera, la gran masa térmica sirve para amortiguar el paso del calor ante tales condiciones climáticas. El espesor del muro es de 0.30m y es no homogéneo, ya que está compuesto por madera y adobe.

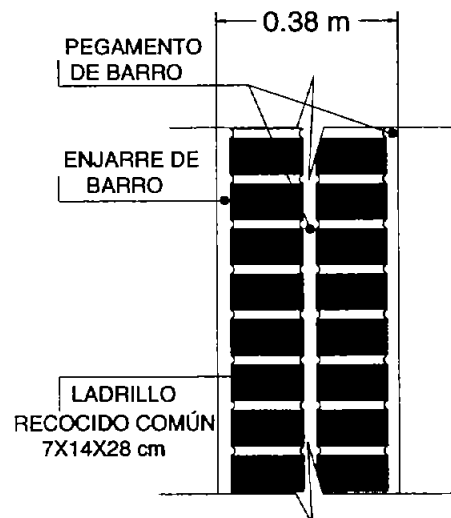
Figura 20. Sección de cortes en alzado y planta de sistema constructivo típico (indígena).

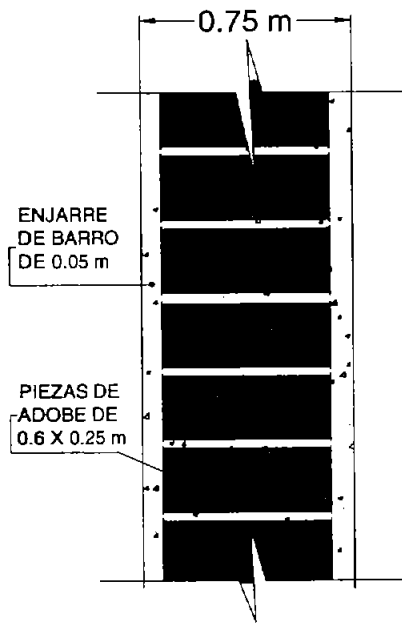


La figura 21 muestra un muro doble comúnmente usado en las edificaciones mestizas. La estabilidad en la estructura, la durabilidad y el mínimo mantenimiento ha hecho que este sistema sea uno de los mas comunes.

La figura 22 (página siguiente) muestra un muro de adobe de 0.75m de espesor comúnmente usado en ambos estilos. Por lo contrario del muro de tabique doble, este tiende a necesitar más mantenimiento y protegerlo de la lluvia.

Figura 21. Corte de un muro de doble tabique con enjarre de adobe (alzado).





Las estructuras de barro se asocian normalmente con las culturas populares de todo el mundo, especialmente en España y Latinoamérica. En la actualidad se investiga, en Europa, Estados Unidos, Arabia Saudita y México sobre el uso del adobe como material de construcción alternativo. Su empleo resulta, al igual que el del tapial, ecológico y asequible, por lo que puede representar una solución al problema de la vivienda en los países en vías de desarrollo.

Figura 22. Corte de un muro de adobe de 0.75m (alzado).

4.1.4.2 Techumbres y losas

El sistema constructivo en las techumbres también es muy variado, las figuras que aparecen en este apartado representan sistemas típicos de losas en la vivienda mestiza y en la indígena. Los espesores que se manejan en los dos sistemas como se aprecia, son de alrededor de 0.40m. Al igual que en los muros el sistema es no homogéneo, componiéndose de y tabique, madera y tierra en la mestiza (figura 23) y de madera y terrado en la arquitectura indígena (figura 24).

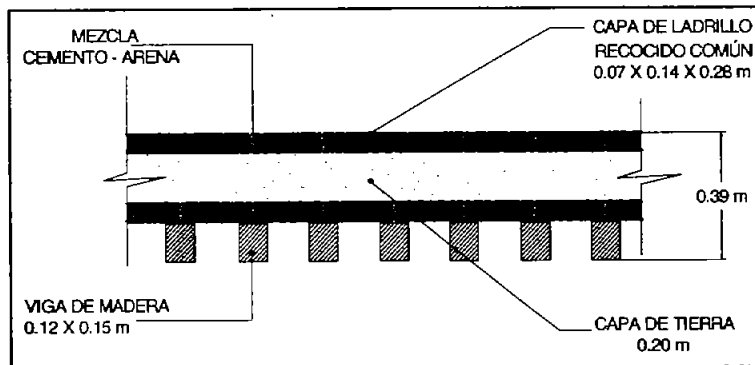


Figura 23. Losa típica en la arquitectura mestiza.

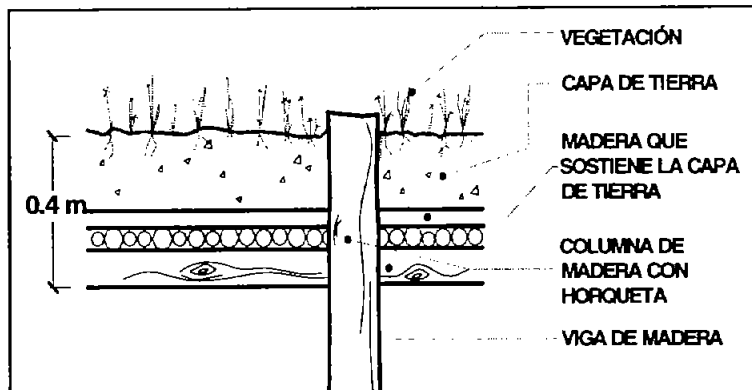


Figura 24. Techumbre típica en la arquitectura indígena

4.1.4.3 Propiedades termofísicas de los materiales

MATERIAL	PROPIEDADES TERMOFÍSICAS			
	Capacidad térmica (kg/m³)	Conductividad térmica (W/mK)	Coeficiente de dilatación (1/°C)	Albedo
VIVIENDA VERNÁCULA				
Adobe	1500	1,48	0,58	
Adobe tab. 30x15x10 (sin adobe de adobe)				0,2402
Adobe medio (15x10)				0,1714
Adobe	1520	0,81	1,26	
Adobe (10x10x10)				1,4182
Adobe (15x10x10)				0,1714
Adobe (10x10x10)				0,058
Adobe				
Adobe (15x10x10)				0,5898
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL				
Adobe (10x10)	1041	0,84	1,42	
Adobe (7x10)	700	0,84	0,26	
Adobe (15x10)	2130	0,89	1,4	
Adobe (22x10)	2200	1	4,44	
Adobe (15x10)				0,5
Adobe (15x10)	2600	0,9	0,72	

Tabla 2. Propiedades termofísicas de los materiales comúnmente usados en las viviendas de clima cálido seco*.

4.1.5 Ventilación

4.1.5.1 Aberturas al exterior (en fachadas)

Por lo común la arquitectura vernácula mestiza tiene un mayor porcentaje de área de ventanas al exterior en todas sus fachadas con relación a la indígena ya que en ella, el uso de ventanas es reducido a un 7% en la mayoría de los casos (para protegerse así de las ganancias de calor), siendo las puertas (15%) el medio para ventilar los espacios. Por lo contrario, la arquitectura mestiza tiene un área aproximada de 23% de ventanas al exterior en la envolvente vertical y un área de puertas promedio del 7%; Cabe señalar, que la estrategia aquí para evitar ganancias o pérdidas de calor es por medio de arremetimientos los cuales se dan por el mismo grosor del muro y los postigos.

Generalmente las orientaciones van hacia las partes menos castigadas por el sol (Sur, Sureste, Norte, Este). Cuando hay la necesidad de una fachada al oeste o suroeste, los muros son cubiertos por una barrera de vegetación que se encuentra por las banquetas.

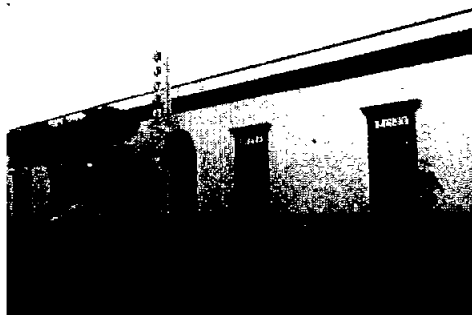


Figura 25. Aberturas al exterior en arquitectura mestiza. Vivienda mestiza en El Fuerte, Sin.

* La "R" fue calculada de acuerdo a la metodología que ofrece la NOM-ENER-008.

4.1.5.2 Emplazamiento

La ubicación de la edificación con respecto al lote de la arquitectura vernácula indígena se resuelve en cualquier punto céntrico del terreno, nunca en los límites. Se tiene dominio sobre la demás área y a característica propia, va a estar siempre rodeada por vegetación (figura 26). En la arquitectura mestiza el edificio cubre todo el lote, la vegetación se encuentra en el patio central y el los portales; la edificación se ubica en el límite del lote que da hacia la calle, de ahí hacia atrás se generan los diferentes espacios que pueden ocupar gran parte del terreno o todo de él.

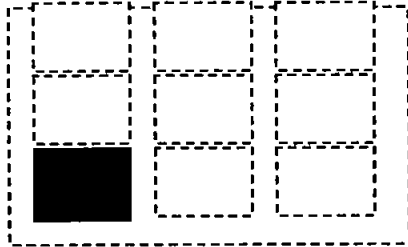


Figura 26. Emplazamiento del lote en la edificación indígena.



Figura 27. Emplazamiento del lote en la edificación mestiza.

4.1.5.3 Patrón de uso del edificio

La siguiente valoración de uso del edificio fue realizada por medio de la observación propia*. La mayoría de la vida cotidiana en los pueblos, resulta ser llevadera y tranquila, debido a que gran parte de las actividades diarias son pacíficas y se llevan a cabo en el exterior, favoreciendo así las relaciones sociales entre los habitantes.

Se identificó un horario de uso para la temporada calurosa (Tabla 3) y otro para la temporada de frío (Tabla 4) para la vivienda, este corresponde a periodos de tiempo en el interior y exterior o ambos.

En la temporada de calor, por las mañanas el uso es mixto, los usuarios tienen actividades tanto en el interior como en el exterior, en el mediodía dado que la radiación solar es más fuerte existe una preferencia para permanecer dentro de la vivienda a estas horas; Una vez que ha aminorado la radiación, la gente sale de su vivienda para descansar bajo los árboles que se encuentran en el exterior, en la ramada o portal, por la noche en temporadas con temperaturas altas llegan a dormir en la ramada o portal y en temporada fría permanecen en el interior (tabla 4).

PERIODO DE USO			

Tabla 3. Patrón de uso en temporada cálida en la arquitectura vernácula

* Visita de campo en los poblados de la zona centro a norte de Sinaloa y sur de Sonora.

PERIODO DE USO	INTERIOR	EXTERIOR	AMBOS
Mañanas (6:00-11:00)			
Mediodía/Tarde 1 (11:00-16:00)			
Tarde 2 (14:00-17:00)			
Noche (17:00-06:00)			

Tabla 4. Patrón de uso en temporada fría en la arquitectura vernácula

4.1.6 Sistemas Pasivos

4.1.6.1 Portal

Su aplicación consiste en formar un escudo a la radiación solar logrando generar áreas sombreadas al orientarse hacia las fachadas más castigadas por la radiación solar, lo que permite que todos los muros exteriores y colindantes a este no tengan radiación directa. Se localiza en el perímetro del edificio y también rodea al patio central; cuando se emplea rodeando al patio, permite que los espacios contiguos a este, como son los dormitorios, sala, cocina, comedor, etc., interactúen con el patio central, sin dejar que a dichos espacios les toque la radiación solar. La figura 28 corresponde a un portal que rodea al patio central en un edificio habitacional. La figura es una fotografía tomada desde la entrada al edificio y se puede observar al fondo el patio.



Figura 28. Portales en un edificio de vivienda vernácula en El Fuerte, Sin.

4.1.6.2 Patio central

El patio central es un magnífico recurso para climatizar la edificación y es propio de la arquitectura vernácula mestiza; Genera espacios protegidos del sol humedeciendo y refrescando con la presencia del agua y la vegetación. Al estar correctamente orientado respecto a los vientos dominantes y la trayectoria del sol se genera un microclima, lo que permite ventilación cruzada y así refrescar los espacios contiguos.



Figura 29. Patio central en un edificio típico habitacional de la arquitectura mestiza.



Figura 30. Uso de la vegetación en un patio central de un edificio de hospedaje en El Fuerte, Sin.

4.1.6.3 Orientación y forma del patio central

Existen factores que influyen de manera importante en la definición de la forma, de un patio central, estas pueden ser la lógica de la circulación, economía y la organización, pero ahora se enfoca solo a los aspectos bioclimáticos como son el aprovechamiento de los vientos dominantes y la orientación con respecto al sol, para ello se identificaron 3 tipos de conformación del patio con respecto al edificio y fueron las siguientes:

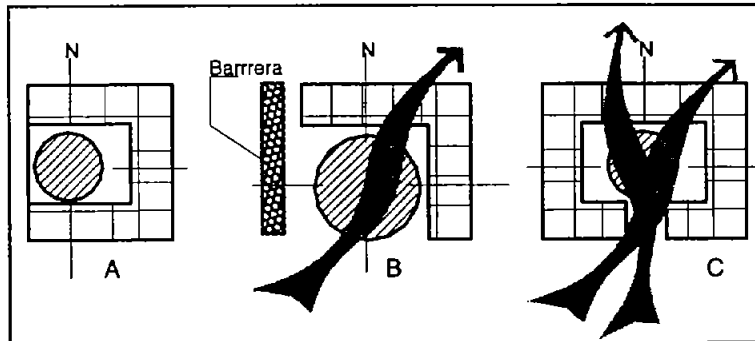


Figura 31. Diferentes formas de conformación del patio central.

De la figura 31:

El dibujo "A", corresponde a un edificio que alberga un patio semicerrado y estrecho, en el, las áreas con mayor número de actividades como la cocina, recámaras, comedor y sala están localizadas alrededor del patio. Esto es con la finalidad de que el efecto que cree el patio de climatizar sea aprovechado por estos espacios que tienen más actividades.

El dibujo "B", corresponde a un patio abierto; este puede llegar a funcionar como purificador del aire y proporcionar sombra en la envolvente de la edificación, pero es más difícil conseguir los efectos de un microclima.

El dibujo "C", trata de un patio ubicado en el centro del edificio; podría decirse que este sería más adecuado, como en el "a", los espacios estarían de igual manera adjuntos a el jerárquicamente de acuerdo a la mayor actividad de usuarios que se genera en cada espacio. El microclima puede darse al hacer uso de los elementos de ventilación, humidificación, iluminación y descarga de calor.

4.2 Conclusiones

Los elementos bioclimáticos identificados durante el estudio in situ de la arquitectura vernácula, fueron en cuanto a 6 grupos. Es importante mencionar que durante esta investigación, por observación propia, se encontró que la arquitectura vernácula indígena tiene tres desventajas con respecto a la mestiza: el constante mantenimiento en la

envolvente ante el clima, la baja capacidad de carga en la estructura y quizá el mas importante: existen menor cantidad de elementos bioclimáticos.

Tomando en cuenta lo descrito en el párrafo anterior, como conclusión se puede decidir que para fines de análisis bioclimático, la arquitectura mestiza ofrece mayor cantidad de elementos y por lo consiguiente, mejores expectativas, por lo que se ha decidido tomar en cuenta para la simulación, una vivienda típica vernácula mestiza, en la cual se incluyan todos los elementos bioclimáticos mencionados en este capítulo.

...Mi casa es mi refugio, una pieza emocional de arquitectura, no una pieza fría de conveniencia. Una composición emocional de arquitectura y no una obra utilitaria e insensible.

Luis Barragán

5. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE la vivienda vernácula y de interés social

La evaluación se dividió en dos partes: una medición de temperaturas y humedades para un día cálido y un día frío y la otra parte consistió en realizar una simulación del comportamiento térmico de las viviendas vernácula mestiza y la de interés social con el software de simulación por computadora Trnsys 15.

5.1 Medición de temperaturas y humedades

Las condiciones climáticas de la región cálido seco, se caracterizan por tener temperaturas alrededor de los 42°C en verano desde las 13 a las 17 horas, la sensación de calor es la que mas predomina en las ciudades comprendidas en este rango climático. Otra característica de este clima es la gran oscilación que existe, en invierno, varía desde los 7-14 °C y en verano arriba de los 14. La vivienda de interés social, no ofrece una respuesta de mejora ante éstas condiciones, por el contrario, las agrava. La arquitectura vernácula en cambio, ofrece mejores condiciones térmicas dados los elementos bioclimáticos que la conforman.

El monitoreo se realizó en dos días del año, uno en octubre (día cálido) y el otro en enero (día frío), en el primero por cuestiones de disponibilidad de equipo de medición solo se pudo medir temperatura. La medición fue en una vivienda vernácula indígena, una vivienda de interés social y las condiciones del exterior a la sombra. En el segundo que fue efectuado en enero, se contó con otro equipo de medición en el cual tenía la opción de medir a la par temperatura. La medición fue en una vivienda vernácula mestiza (caso de simulación).

5.1.1 Medición de temperaturas en el día cálido

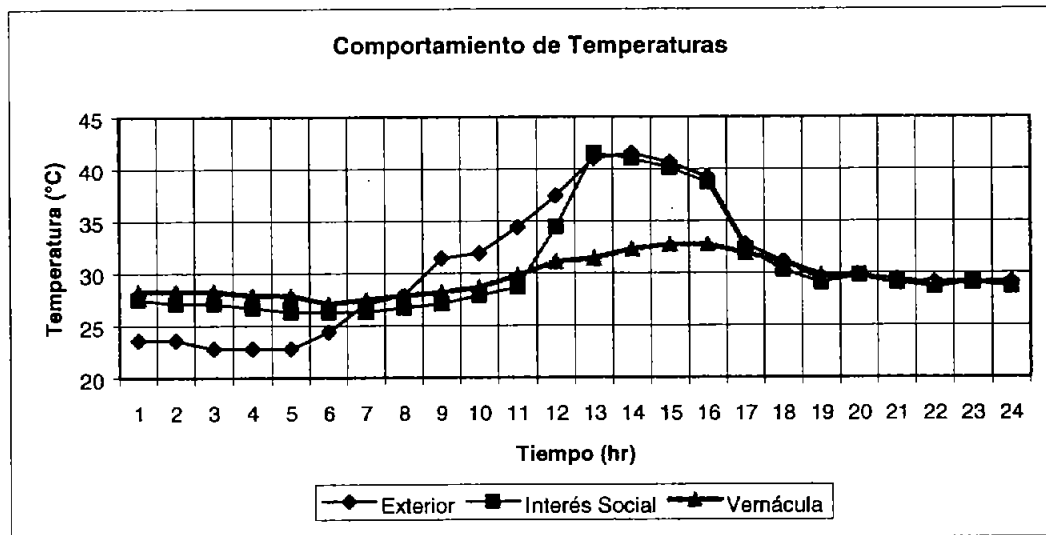
Se realizó un monitoreo de temperaturas con equipo Hobo (termómetro digital en el que se leen los datos en una hoja de cálculo de computadora). El monitoreo consistió en detectar 3 temperaturas bajo el periodo de 24 horas correspondiente a los días 14 y 15 del mes de octubre de 2003 con el fin de comparar las temperaturas registradas en las viviendas con las registradas en el exterior. Cabe señalar que en este día se identificaron temperaturas más altas alrededor de los 40°C, (como en un día típico en época cálida).

Un equipo se colocó en el interior de una vivienda vernácula indígena, la cual está construida con muros de adobe de 0.60m, techumbre compuesta de un entramado de madera, una capa de concreto de 0.10m y una capa de tierra de 0.10m de espesor (figuras 17, 22, 24 y 32), con un portal que sombrea todos los muros verticales y piso de tierra.

El segundo equipo midió la temperatura de una típica vivienda de interés social con losa de 0.10m de concreto y muros de bloque hueco y altura de losa de 2.4m (figura 33), en el fraccionamiento Montesclaros de la ciudad de El Fuerte, Sinaloa. La vivienda no tiene protección solar excepto una película de papel aluminio en las ventanas para mitigar el paso de la radiación solar por el vidrio y se mantuvo cerrada durante la mayor parte del día. El tercer equipo se ubicó en el exterior (a la sombra). Los resultados de este monitoreo se muestran en la gráfica 10.



Figuras 32 y 33 (izq.-der.). Vivienda Vernácula en el rancho "La Tuna" El Fuerte, Sin y vivienda de Interés social en la ciudad de El Fuerte, Sin.



Gráfica 10. Comportamientos de temperaturas en condiciones del exterior e interior de la vivienda vernácula y la de interés social durante un periodo de un día (14-15 de Oct. 2003).

Como se puede observar, la gráfica muestra el comportamiento de temperatura que tuvieron en el interior, las viviendas vernácula y de interés social, así como el comportamiento manifestado en las condiciones del exterior (a la sombra). La temperatura que se registró en las condiciones del exterior puede verse como se desplaza y forma una línea curva más pronunciada que las otras dos, la que le sigue en ese orden, corresponde a la temperatura registrada en el interior de la vivienda de interés social, (ver Figura 33). Esta amortigua un poco las condiciones del exterior, pero a las horas de la noche, el amortiguamiento es casi nulo y se forma un pico de 6 horas de calor, lo cual representa incomodidad térmica y mayor consumo de energía para climatizar; En cambio, en el registro obtenido en las condiciones interiores de la vivienda vernácula la temperatura presenta pequeñas variaciones que van desde los 26 a los 32°C, reduciendo 8°C en horas más cálidas.

5.1.2 Medición de temperaturas y humedades en un día frío

Se tomó un caso típico de la arquitectura vernácula mestiza, en donde se conservaran la mayor parte de los elementos encontrados como característicos vistos en el capítulo anterior. La edificación medida es una vivienda que consta de 4 recámaras, un patio central (ver figuras 36 y 37) y tiene una superficie total construida de 690m².

El monitoreo se realizó del 6-7 de enero de 2004, con 3 equipos de termómetros diferentes los cuales son descritos a continuación:

1. 2 unidades de Termómetro - higrómetro RadioShak colocados en el patio central del edificio y el otro en un espacio cerrado (sala), para medir la temperatura y humedad relativa de los espacios;
2. 1 unidad de Termómetro digital Omega 871A con dos termopares tipo k de varilla introducidos en dos esferas color negro mate, para conocer la cantidad de calor que recibe de la envolvente del edificio y el ambiente del espacio. Uno de ellos fue colocado en un espacio semiabierto (comedor) y el otro en un espacio cerrado (sala); las esferas se colocaron a una altura de aproximadamente 1.90 m para simular análogamente la cabeza del cuerpo humano, al considerarse esta como un cuerpo negro acorde a los estudios de transferencia de calor;
3. 1 termómetro de radiación térmica Raytek MINITEMP, con el cual se detectaron las temperaturas de la envolvente:
 - 2 tipos de losas encontradas en la vivienda: concreto armado con un espesor de 12cm, la otra, de un sistema tradicional de la arquitectura vernácula formado por capas de madera-ladrillo-tierra-ladrillo con espesor de 0.44m, (se midió la temperatura del tabique y la viga de madera de pino y se promediaron estos valores para realizar la gráfica comparativa);
 - 1 muro adjunto al patio central monitoreado por sus dos caras;
 - 2 muros del espacio cerrado (sala), uno de ellos era fachada a la calle y el otro daba a un corredor contiguo al patio central, ambos en sus caras interiores.

5.1.2.1 Calibración del equipo de medición

Se verificó antes de hacer el estudio, el grado de variación de datos que aportaba cada uno con respecto a los demás, llegando a la conclusión de que dos de ellos (Termómetro digital Omega y el de radiación térmica) aportaban datos exactos, mientras que en el termómetro – higrómetro tenía una diferencia que variaba entre los 0.5 - 0.8 °C con respecto a los otros.

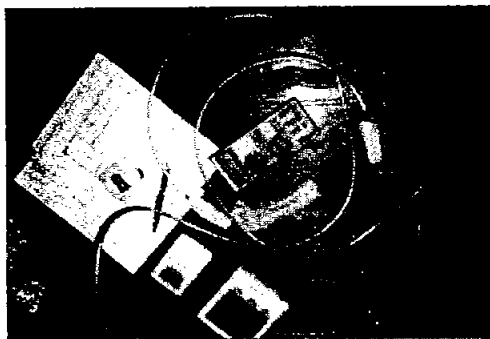
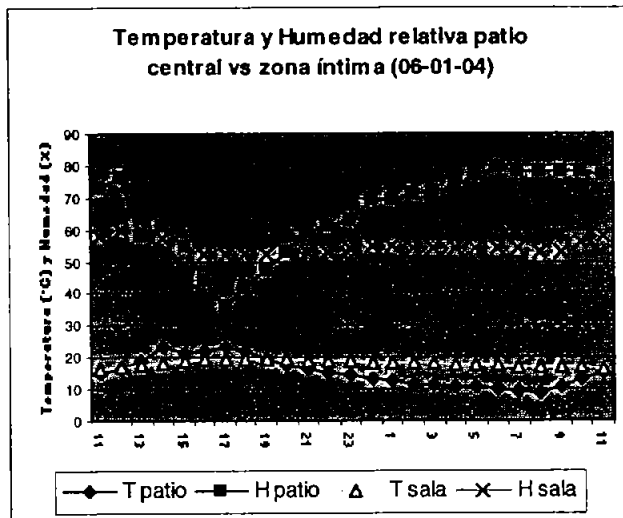


Figura 34. Equipo empleado en la medición de temperaturas y humedades.

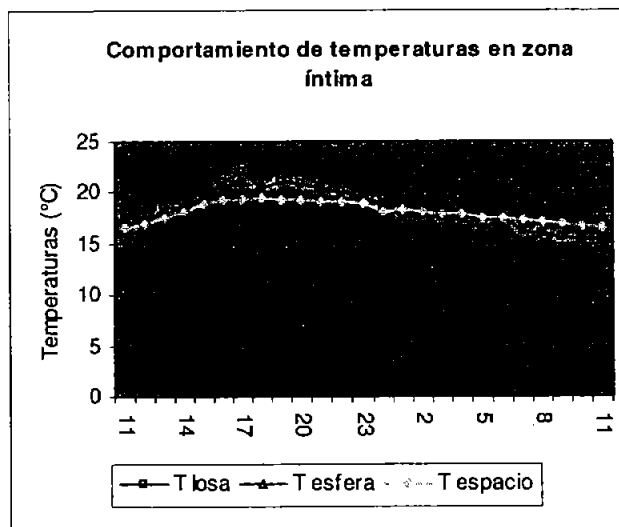
La gráfica 11 (página siguiente) muestra la variación que existe en las condiciones de temperatura y humedad relativa entre el patio central y la zona íntima. En la zona íntima los datos medidos se mantienen constantes es decir, un promedio de humedad de 55% y temperatura promedio de 19°C pues se trata de un lugar cerrado. En el patio central, los



datos registrados, presentan más variaciones dado a que está en contacto directo con el exterior, aunque existen elementos como la vegetación, agua, sombra causada por muros y árboles y los materiales higrotérmicos (tabique y piedra). Nótese que cuando la humedad baja, la temperatura sube y viceversa.

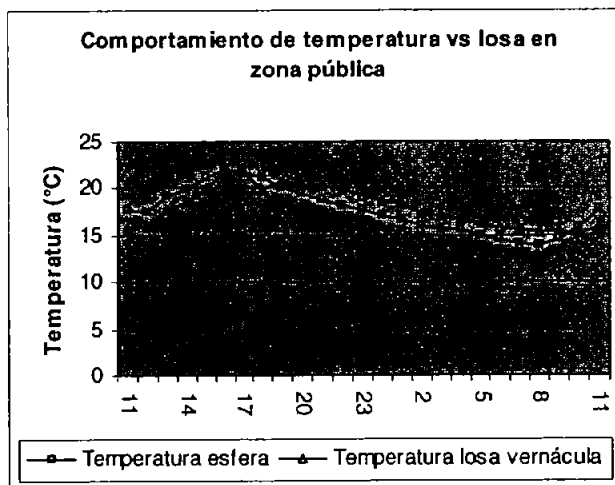
Gráfica 11. Comportamientos de temperatura y humedad en el patio central y en zona íntima (equipo 1).

La temperatura en la esfera negra es también medida con el fin de conocer el impacto de la radiación de la losa vernácula, de los cuerpos circundantes y del ambiente en la cabeza del cuerpo humano. La gráfica 12 muestra el comportamiento de temperatura entre la temperatura de losa, espacio (ambiente) y la esfera.



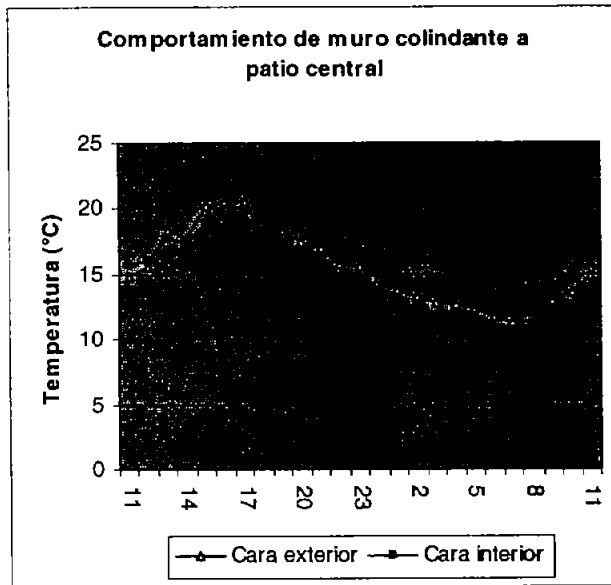
Se observa que la esfera mantiene una temperatura entre las otras dos desde las 11 hasta las 1:00 a.m., pasando a ser la más alta, hasta llegar de nuevo a las 11:00am. Nótese también que el deceso de temperatura de la losa ocurre conforme cae la noche, hasta llegar a tener los valores más bajos de la gráfica, lo que ocurre de manera contraria durante el día.

Gráfica 12. Comparación de Temperaturas entre losa, espacio y esfera en zona íntima.



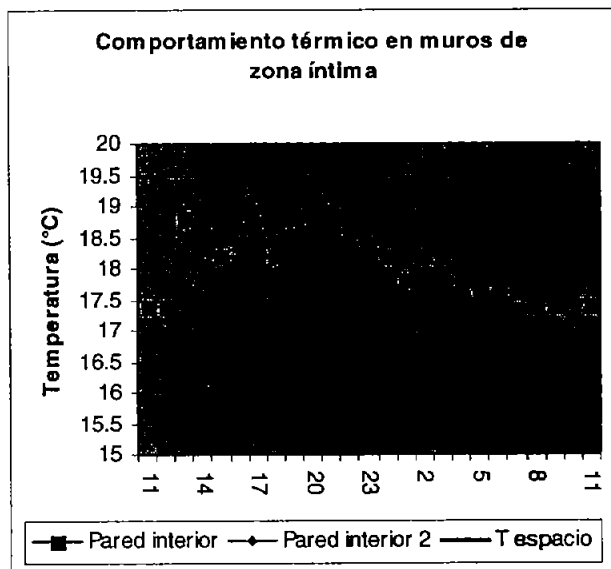
La temperatura de la losa vernácula con un sistema como el de la figura 22 y la temperatura de la esfera colocada en la zona pública (comedor, portales), se observa en esta gráfica. La temperatura de la esfera depende del calor recibido de afuera, pues la losa está a 3.10m de altura, y el espacio colonda al patio central, así que la variación de temperatura va acorde a la variación del exterior.

Gráfica 13. Temperatura de esfera vs losa vernácula en zona pública.



La gráfica de a lado, muestra la diferencia de temperaturas entre las dos caras de un muro-columna del patio central, la cara exterior es la que da hacia el patio, la otra, hacia la zona pública. El sistema de muro es como el descrito en la figura 20, se observa que la cara que da al patio es la que sufre mayor movimiento de temperatura, a pesar que la otra cara está colindando a la zona de portales que igual es un espacio abierto, pero no en contacto directo con el exterior.

Gráfica 14. Temperaturas en las dos caras de un muro colindante a patio central.



En la gráfica, se observan los valores obtenidos al medir la Temperatura en 2 muros interiores de la zona íntima respecto a las condiciones del espacio. Nótese que las variaciones son más pronunciadas en los muros, mientras que el espacio forma una curva mas definida. Se puede también observar la homogeneidad en la temperatura de los dos muros. Pared interior: lado de la calle, Pared interior 2: lado colindante a zona pública (portales)

Gráfica 15. Temperaturas en dos muros interiores en zona íntima VS la T del espacio.

5.2 Simulación térmica

5.2.1 Introducción

Los primeros problemas a los que se enfrentó el hombre hace algunas décadas fue el hecho de no saber el grado de eficiencia térmica de un edificio como sistema, debido a que se requería mantener un ambiente controlado climáticamente y a la vez hacer eficiente este proceso. A pesar que existía el conocimiento en la transferencia de calor y termodinámica, este era bastante tedioso y complicado, hoy en día es más sencillo solucionar este problema y conocer los datos que nos interesan de manera mas práctica y exacta. En E.U.A., una gran escala de aplicaciones de computadora para sistemas de HVAC empezaron en la década de los 60's, cuando T. Kusuda (2001) fue invitado a trabajar en el gobierno de E.U.A. en un proyecto para evaluar el ambiente térmico de los edificios hora por hora en simulación y en lo procesos de transferencia de calor y humedad entre los ocupantes y el interior del edificio bajo limitadas condiciones de ventilación. La simulación general de energía en edificios empezó unos pocos años

después, por la industria de electricidad y gas. El ASHRAE se fundó el 25 de enero de 1959 con la unión del ASRE y ASHVE. Después se propició la formación de un simposio internacional por IBPSA (Tokio, Paris, etc.), sobre el uso de las computadoras en el comportamiento de la energía en los edificios. Inmediatamente trajo consigo múltiples esfuerzos sobre la temática, se incluyó el modelo físico y empírico del modelado del aire, humedad, procesos de transferencia de calor dentro, fuera y a través del edificio y por consiguiente se realizaron esfuerzos para incluir el modelado con sistemas de HVAC y el desarrollo de datos climatológicos típicos. Hoy en día los programas de simulado térmico de edificios establecen la nueva forma de calcular los fenómenos de transferencia de calor, así como el consumo de electricidad y combustibles, al proporcionar en el modelado diferentes opciones en el diseño de un edificio. El software actual de simulado térmico es de gran variedad, pues hay de diferentes enfoques, desde el cálculo de la calidad del aire, nivel de ruido, eficiencia energética, transferencia de calor, temperatura y humedad por hora, invernaderos, arquitectura solar y análisis de costo de operación entre otros.

5.2.2 Software disponible en el mercado

Se realizó una búsqueda mediante el Internet e investigación de campo del software enfocado a la simulación térmica de edificios entre los que se encontraron: BLAST, HOT2XP, ECOTEC, FLOVENT, ENERCAD II, ENERPASS, DOE-2, entre otros); Esto fue con el propósito de encontrar uno que se adecuara a la necesidad que se tenía: utilizar un programa que no necesitara de incluir obligatoriamente un sistema de aire acondicionado en el edificio para poder determinar el grado de desempeño térmico, puesto que la gran mayoría, contempla intrínsecamente la optimización del desempeño energético tomando como una de las medidas correctivas, el diseño eficiente de los sistemas de HVAC que operan en el edificio. Aún así, se logró dar con algunos programas en los cuales se logra obtener dichos resultados sin incluir estos datos como el SERIRES, TRNSYS y el ENERGY-Plus y recientemente el ESPr a reserva de algunos otros como el ENERCAD y el FRAME plus que parecen ser menos complejos y por consiguiente el nivel de exactitud en la emisión de los resultados puede ser menor.

5.2.3 Software utilizado

Se eligió el programa TRNSYS, de entre el software posible para emplearse en el análisis cuantitativo de los elementos de la arquitectura vernácula por las siguientes razones:

1. Historial encontrado en la revisión bibliográfica realizada (Cabanillas – Hinojosa, 1994 y 1995 y Velasco 1999).
2. La confiabilidad que proporciona a otras personas (investigación de campo: J. Chávez, D. Morales)
3. Por su historial de utilización
4. Por su empleo en la investigación
5. Se pueden generar archivos climatológicos de un año típico para cualquier localidad.
6. No requiere de anexar un sistema HVAC para correr la simulación (punto más importante).

5.2.4 Año climatológico típico

Un simulado térmico de edificios no puede realizarse correctamente si no se cuenta con el archivo ejecutable de los datos climáticos del sitio donde se va a simular. México carece de información de este tipo, por lo que se tiene que recurrir a la generación de estos archivos por métodos complejos, tediosos y además en los que las posibilidades de error son grandes.

TRNSYS tiene la capacidad de generar un archivo climático típico de un año, si se cuenta con los valores promedio de humedad absoluta, temperatura, radiación, y vientos

(opcional). Estos, se meten en la base de datos anexándole el numero de referencia, que después es introducido al modulo de generación de datos climatológicos para que se lean desde la base de datos (figura 35).

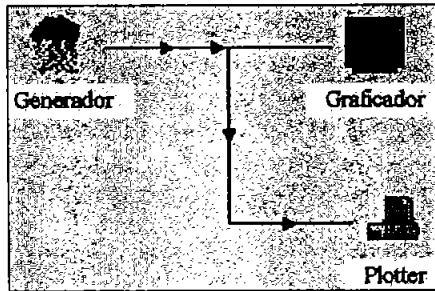
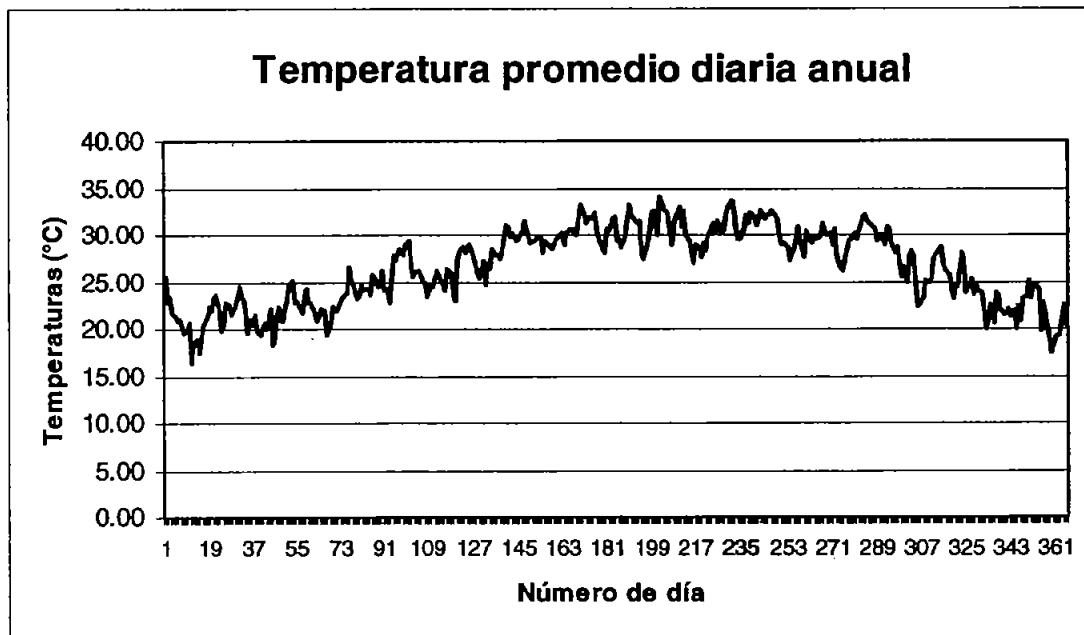


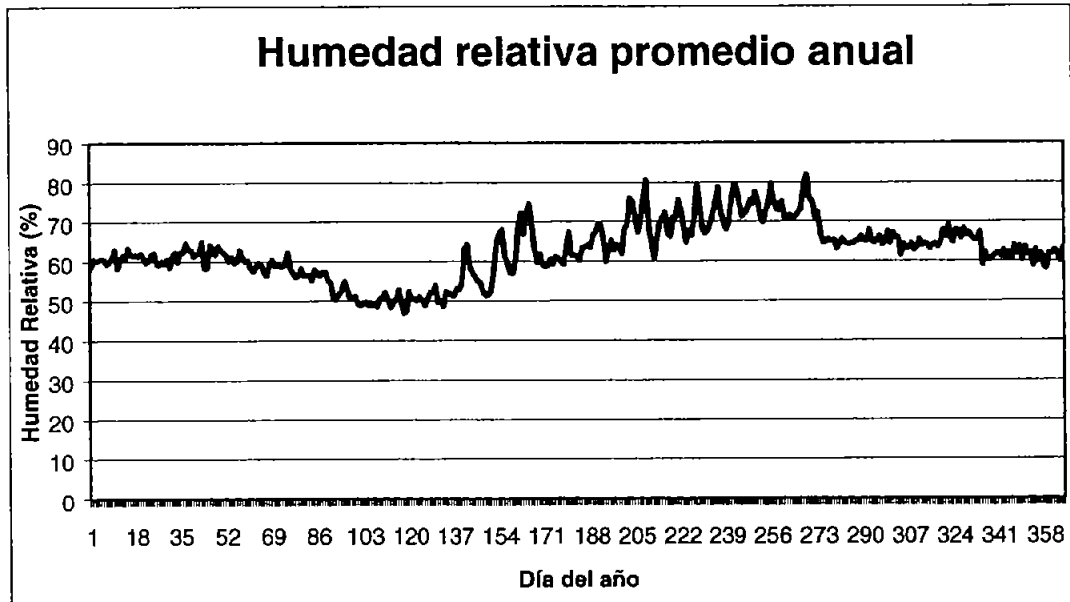
Figura 35. Diagrama de relación de los componentes para la generación de un TMY en IISIBAT.

Durante el desarrollo de la tesis se intentó hacer una corrida para generar un año climático típico con datos horarios promedio de las variables mencionadas, los resultados no fueron del todo congruentes con los que se contaban físicamente, es decir, se habían generado valores de temperaturas mas altas de 35°C, lo cual está alejado de la realidad. Se utilizó un archivo generado con METEONORM, que es un programa especializado para la creación de este tipo de archivos y que trabaja conjuntamente con el programa ENERGY-10. Este programa también requiere de los datos promedio y genera los archivos en una extensión ejecutable para TRNSYS (TMY). La generación del año climatológico típico generó datos con mucha diferencia con los de referencia (Normales climatológicas), y cuando se pidió la asesoría para el departamento de soporte de TRNSYS (Wisconsin), enviaron un año climático típico creado con METEONORM el cual al ser comparado con los datos de referencia coincidió en todas las variantes.

Las gráficas siguientes muestran los datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa del archivo de datos climáticos (TMY).



Gráfica 16. Temperatura promedio diaria anual (bulbo seco) obtenidas por el archivo climatológico típico creado con "Meteonorm".



Gráfica 17. Humedades relativas (%) horarias obtenidas por el archivo climatológico típico creado con "Meteonorm".

5.3 Descripción de los prototipos

Se analizaron dos casos, uno, de una vivienda vernácula típica vernácula mestiza que reuniera todos los elementos encontrados como alturas, postigos, patio central, muros de gran espesor, etc. (ver figuras 36 y 37), el segundo caso corresponde a una vivienda típica de interés social (ver figuras 38 y 39) como las que se construyen en el noroeste. La consideración fue hecha para la ciudad de Culiacán Sinaloa, lugar para el cual se generó un año climatológico típico con fines de ser empleado en la simulación por computadora con el software TRNSYS 15.

5.3.1 Vivienda vernácula

Edificación típica 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 10 x 25cm de alto, capa doble de tabique con 10cm de tierra entre ellos. Patio central con la solución de los espacios alrededor de este.



Figura 36. Diversas fotografías de la vivienda vernácula mestiza; de izquierda a derecha: Fachada, vestíbulo de acceso y patio central.

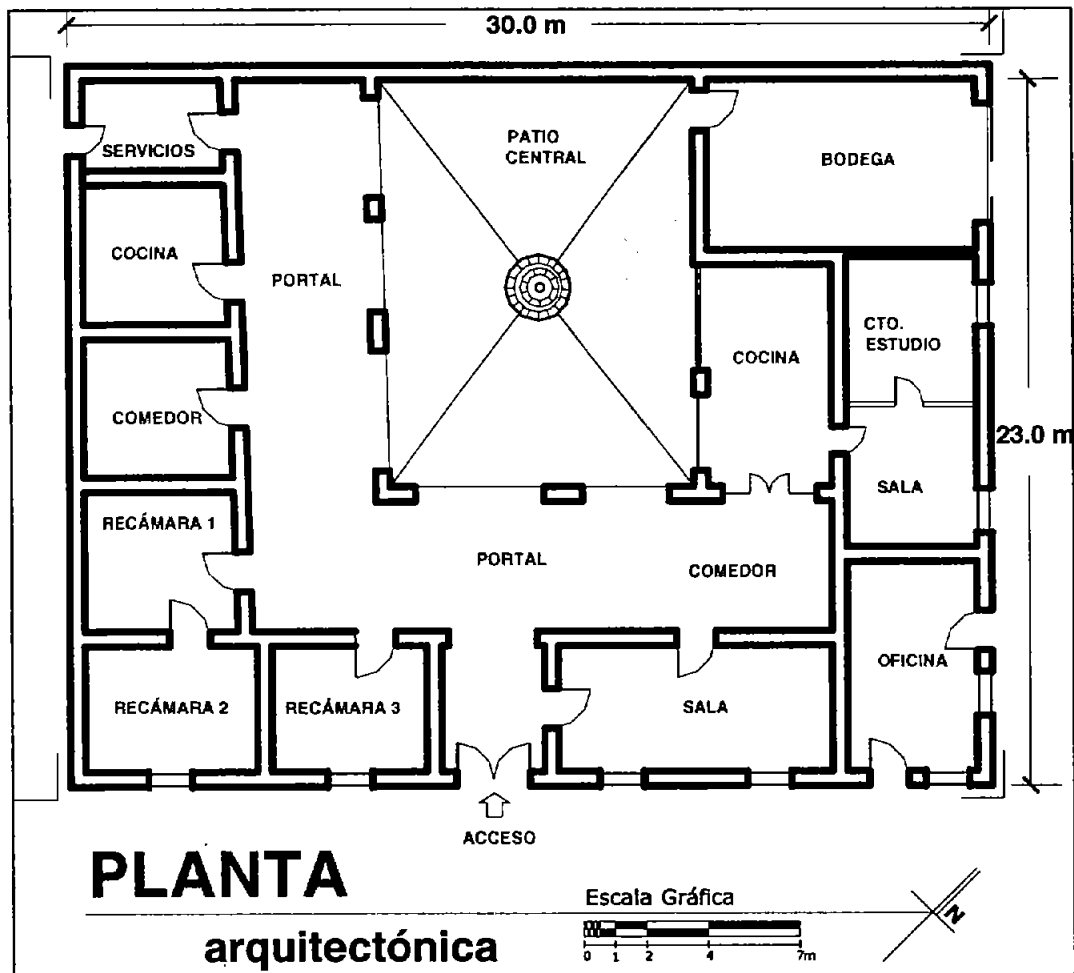


Figura 37. Planta arquitectónica de la edificación vernácula

El edificio de las figuras 36 y 37 corresponde a una vivienda típica de la arquitectura vernácula mestiza ubicado en el centro histórico de la ciudad de El Fuerte Sinaloa, sobre la calle Gabriel Leyva # 100, y que de acuerdo a los datos proporcionados por el propietario, el Sr. Oscar Julián Guerrero Valencia, el edificio se construyó hace alrededor de 140 años y se encuentra en un buen estado de conservación. Actualmente pocos edificios permanecen con sus elementos originales dada la construcción masiva de la vivienda con los mismos sistemas constructivos, solución de la forma y modulación arquitectónica.

5.3.2 Vivienda de interés social

Edificación que actualmente se construye para personas de bajos recursos económicos en clima cálido seco (así como en todo el país) es una planta típica de 53.0m², con el acceso orientado hacia el Sureste (aunque la orientación depende del emplazamiento de los lotes respecto al fraccionamiento). Altura de 2.50m de losa, muros de bloc hueco de 0.12m con enjarre de mortero y yeso al interior con una losa de concreto armado de 0.10m y los espacios son dos recámaras que constituyen la zona íntima, la sala-comedor-cocina (zona de actividades múltiples) y el baño. En el exterior un pequeño espacio destinado al jardín y la cochera.

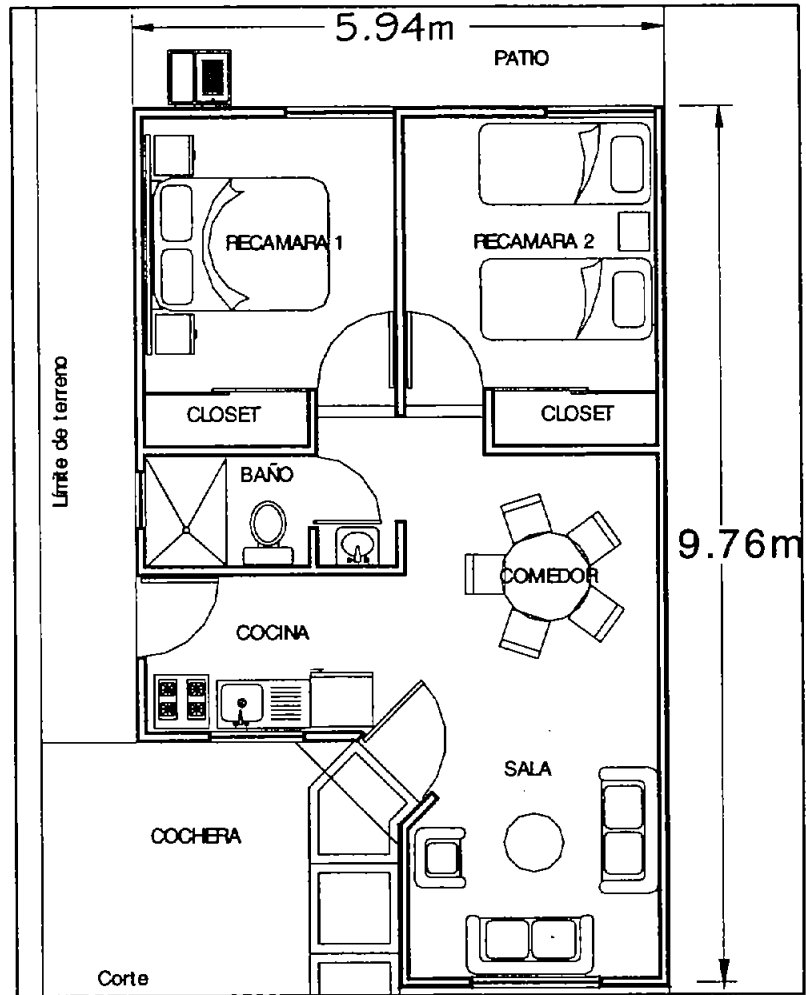


Figura 38. Planta arquitectónica de la vivienda de interés social

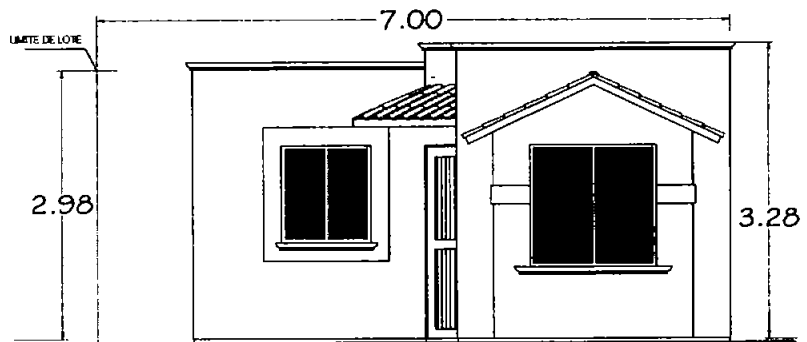


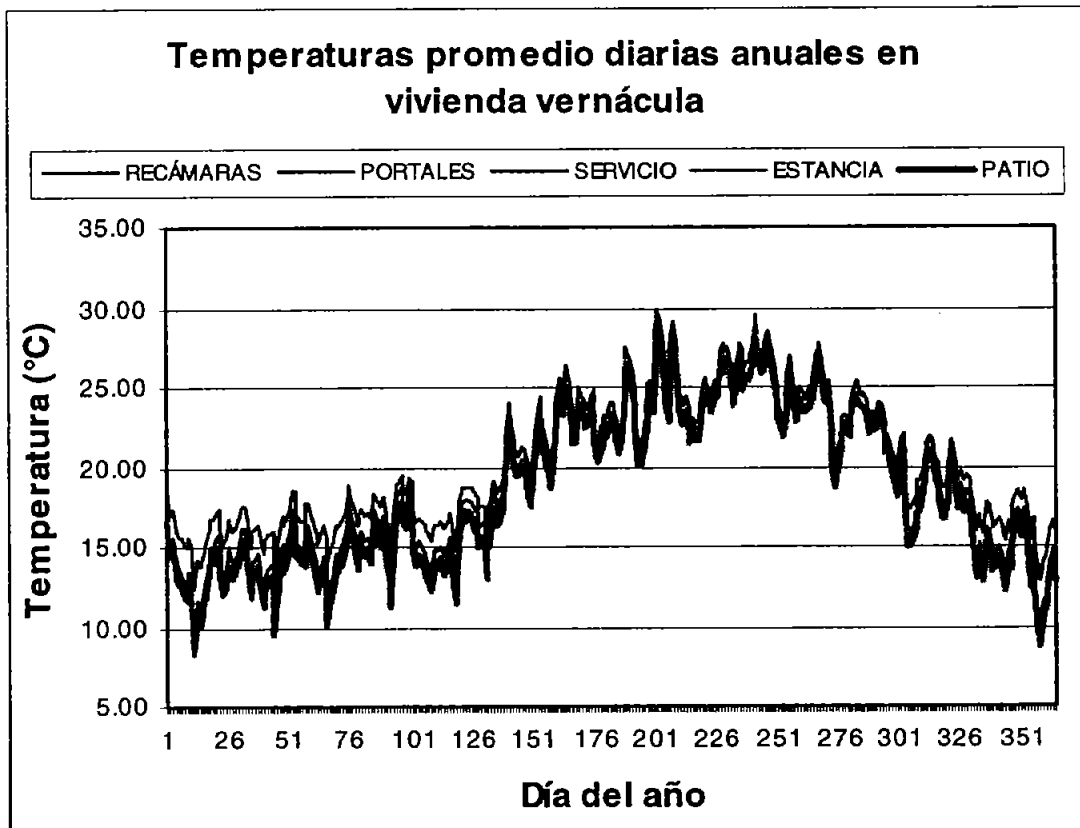
Figura 39. Elevación de la vivienda de interés social

5.4 Resultados de la simulación

Trnsys puede dar un gran número de resultados por zona, grupo de zonas y por superficie. Los resultados graficados en las secciones siguientes de este capítulo se dividen en 5 partes, temperatura y humedad relativa de los espacios, ganancias por infiltración, ventilación y por radiación a través de ventanas. Las gráficas de temperatura y humedad corresponden a valores promedio diarios, mientras que las demás son valores horarios a lo largo del año.

Se corrió la simulación en TRNSYS para obtener datos acerca del comportamiento de la temperatura y humedad para los meses más críticos de calor, es decir, desde el 15 de mayo hasta el 15 de octubre. Los resultados fueron para el interior de las zonas de los dos tipos de edificaciones y se muestran en las gráficas 16 y 18, para compararse posteriormente con las condiciones de confort térmico óptimo de acuerdo a la fórmula del Termopreferendum de Alucieums (Gráfica 6).

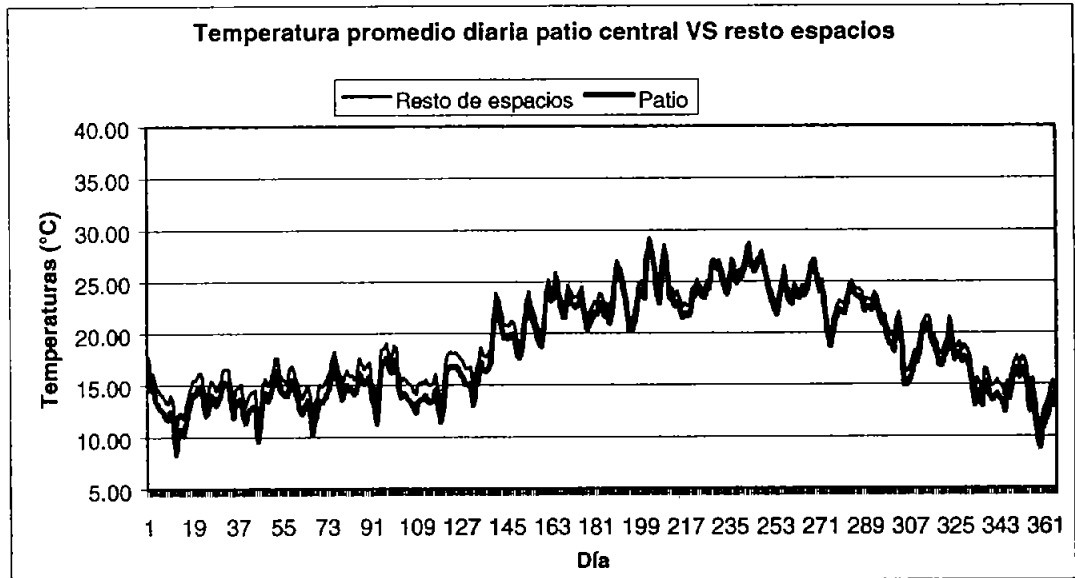
5.4.1 Temperatura



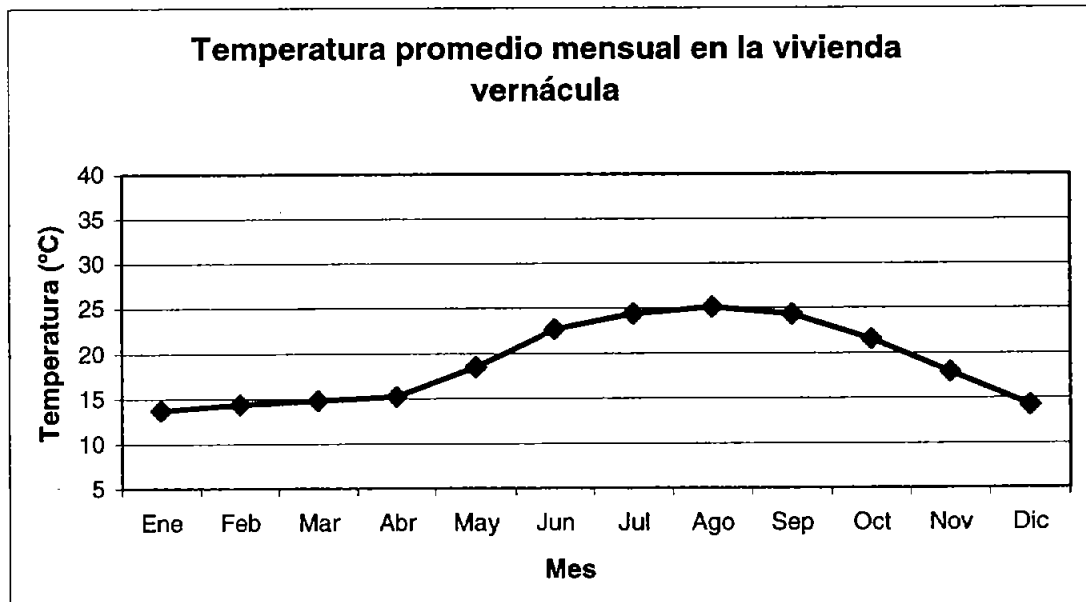
Gráfica 18. Temperaturas promedio diarias en la vivienda vernácula al año.

La gráfica muestra el comportamiento anual de temperaturas promedio diarias en todo el año. Nótese que en los días 326-151 (Noviembre-Mayo), la temperatura de todos los espacios es fría, mientras que en los demás, esta se encuentra dentro del rango de confort térmico definido en la gráfica 6, lo que habla de alrededor de un 60 % de confort interior y el resto dividido entre frío intenso (10-15°C) y un frío moderado (15-20°C) y pocos días de calor. Cabe señalar que los valores de la gráfica 18, son basados en los valores del año climatológico típico, el cual es un promedio de toda la historia de datos

año tras año y por consiguiente, se omiten los valores pico de las variables climáticas (ver gráficas 16-17), como sucede actualmente, en donde los valores de temperatura exterior llegan a los 43°C en época cálida (ver gráfica 10). Gracias a elementos como el patio central, postigos, masa térmica de los materiales, altura de losa y orientación se logran tales condiciones. La gráfica de abajo muestra la temperatura promedio diaria que mantiene el patio central a lo largo del año comparada con el resto de los espacios (línea con temperatura más baja).



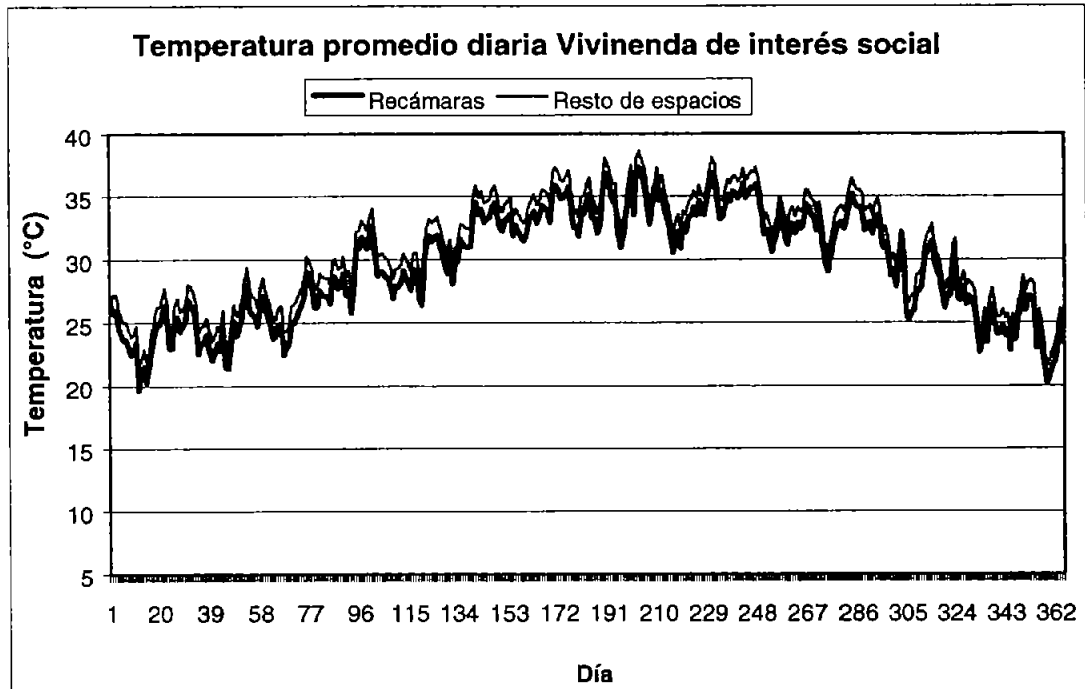
Gráfica 19. Temperaturas promedio diarias de patio central VS el resto de espacios al año.



Gráfica 20. Temperaturas promedio mensuales de la vivienda vernácula.

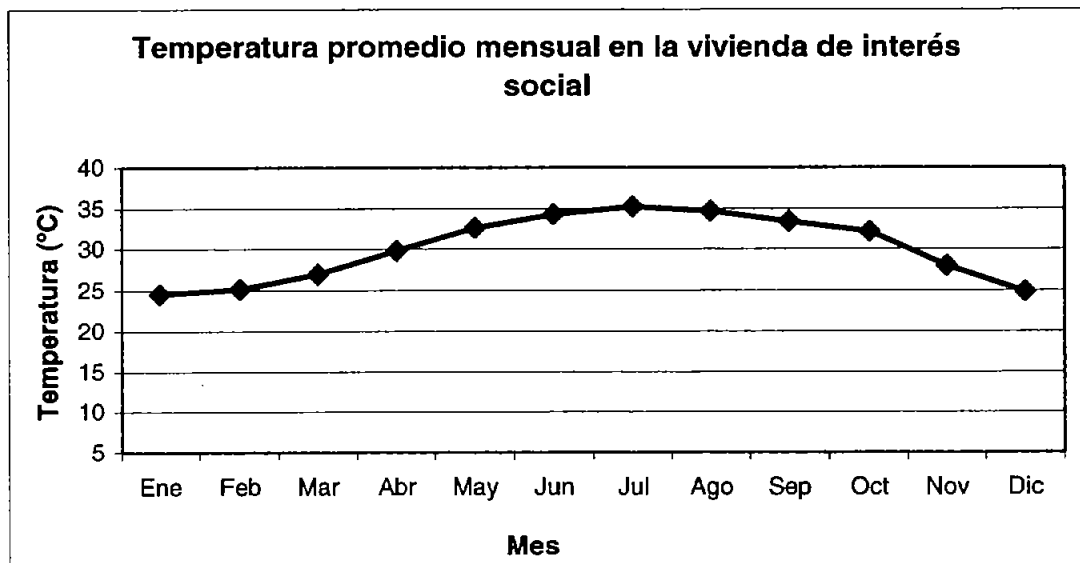
En la gráfica 20, se representan en la línea los valores promedio mensuales de temperatura para la vivienda vernácula. Se observa que los valores mas altos son de

25°C, en los meses de Julio – Septiembre, mientras que existe un valor muy bajo en los meses fríos como Diciembre – Abril.



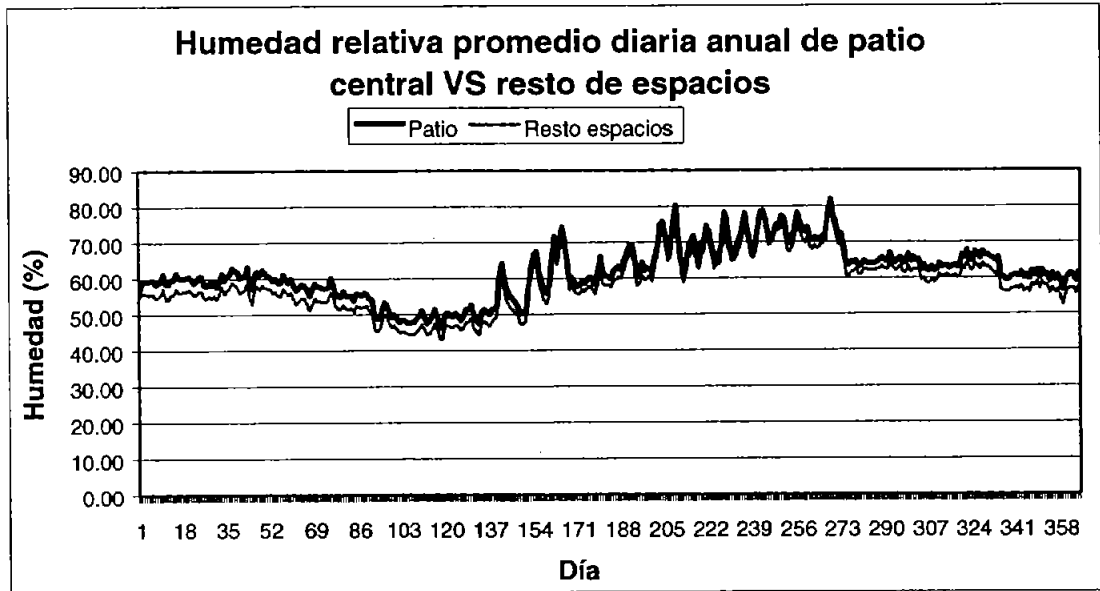
Gráfica 21. Temperaturas promedio diarias en la vivienda de interés social al año.

En la gráfica 21 se observa que las temperaturas se incrementan conforme incrementa la temperatura exterior, aquí el tipo de materiales en la envolvente de la vivienda, es el elemento que mas impacto tiene para tener estas condiciones de mínimo amortiguamiento térmico. Nótese que ocurre lo contrario a la vivienda vernácula hablando de confort interior a lo largo del año. El confort se presenta en los meses fríos (Noviembre-Marzo, excepto Enero).

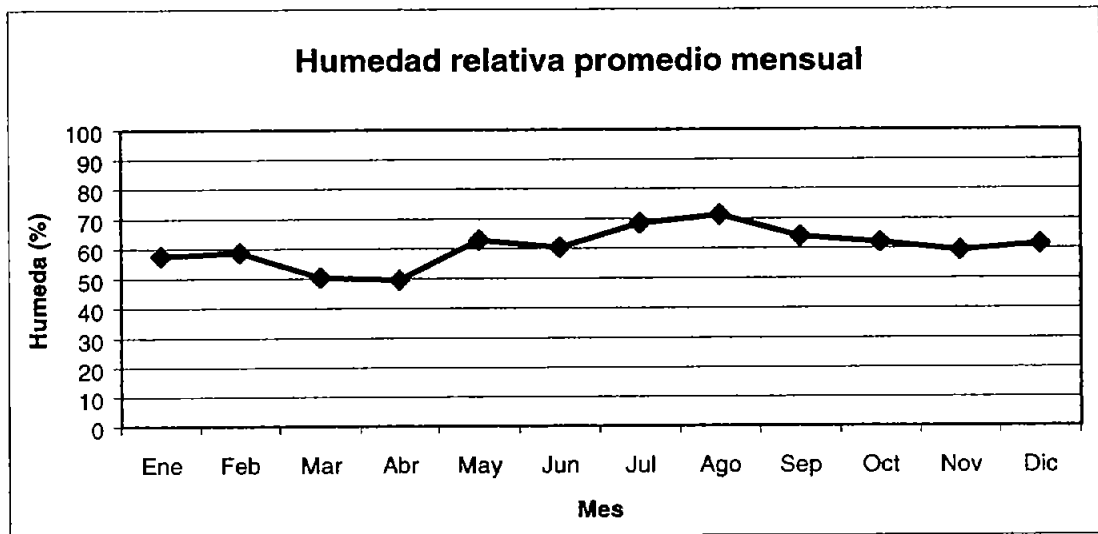


Gráfica 22. Temperaturas promedio mensuales en la vivienda de interés social.

5.4.2 Humedad Relativa

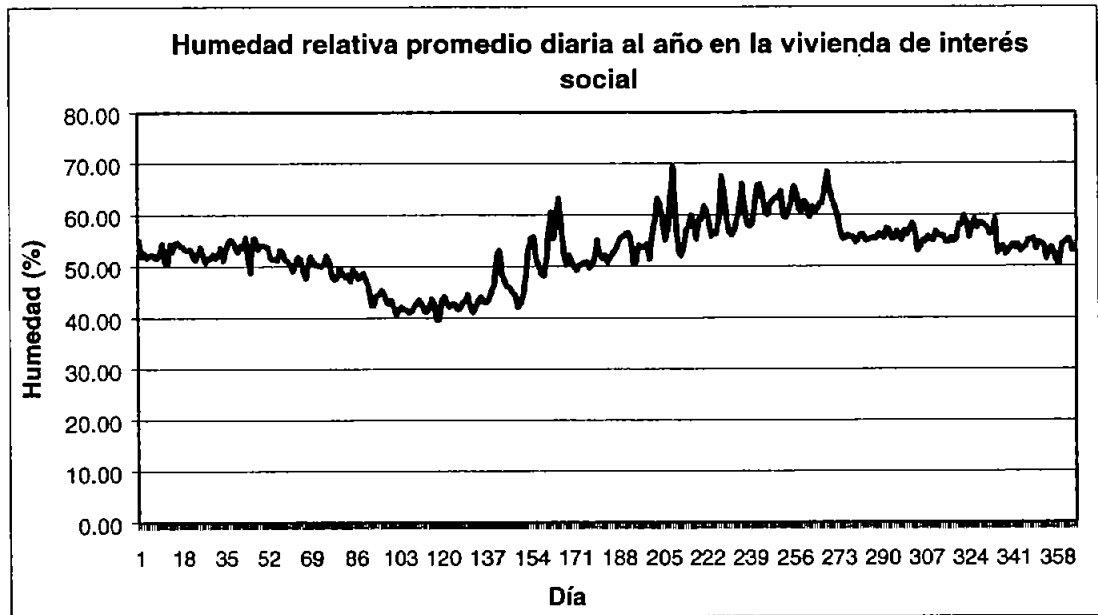


Gráfica 23. Porcentaje de humedad relativa promedio diaria anual en la vivienda vernácula.

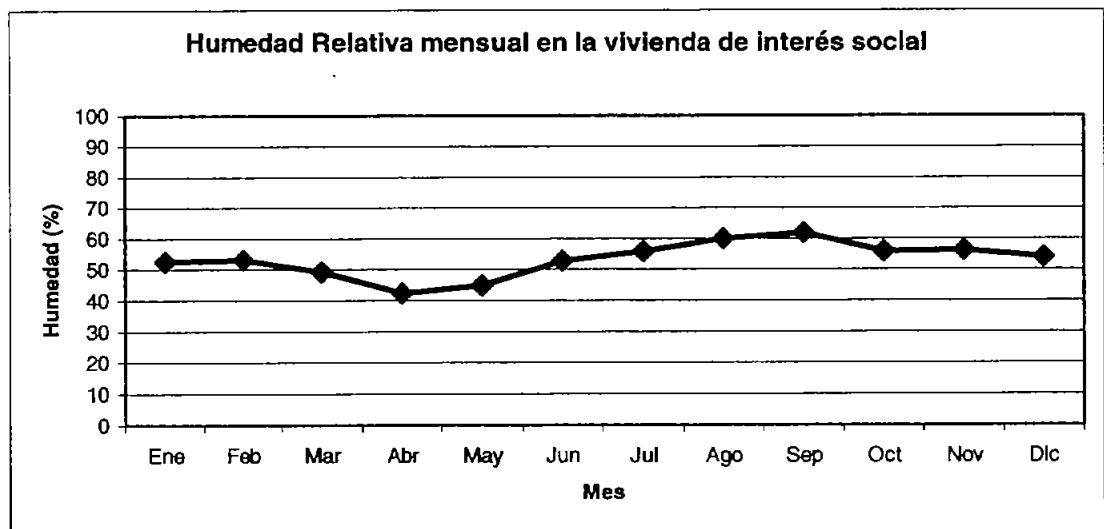


Gráfica 24. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual en la vivienda vernácula.

Las gráficas 23 y 24 muestran el comportamiento de la humedad relativa dentro de la vivienda vernácula, en la primera se hace una comparación entre el porcentaje de humedad del patio y el resto de los espacios, con lo que se observa que el patio mayormente tiene mayor índice de humedad, (alrededor de un 4%) los valores son bajos en los meses sin precipitación pluvial (Febrero – Junio). En la vivienda vernácula hay mas índice de humedad que en la de interés social, ya que los materiales tienen mayor capacidad de almacenarla, el espacio es mayor y la principal causa: el patio central, que es un espacio sombreado constituido por vegetación y agua.



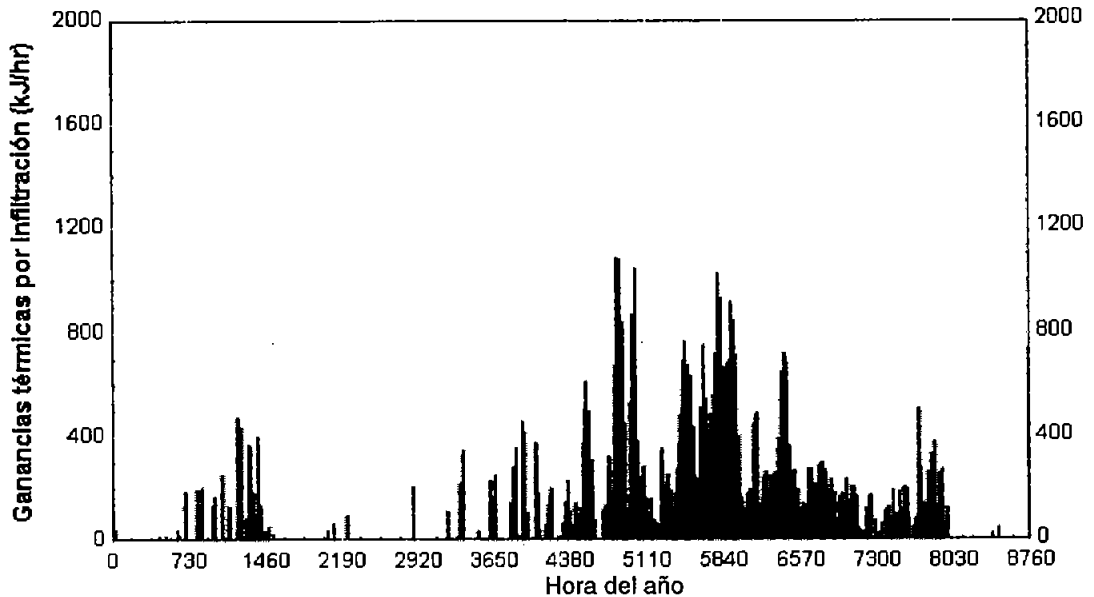
Gráfica 25. Porcentaje de humedad relativa promedio anual en la vivienda de interés social.



Gráfica 26. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual en la vivienda de interés social.

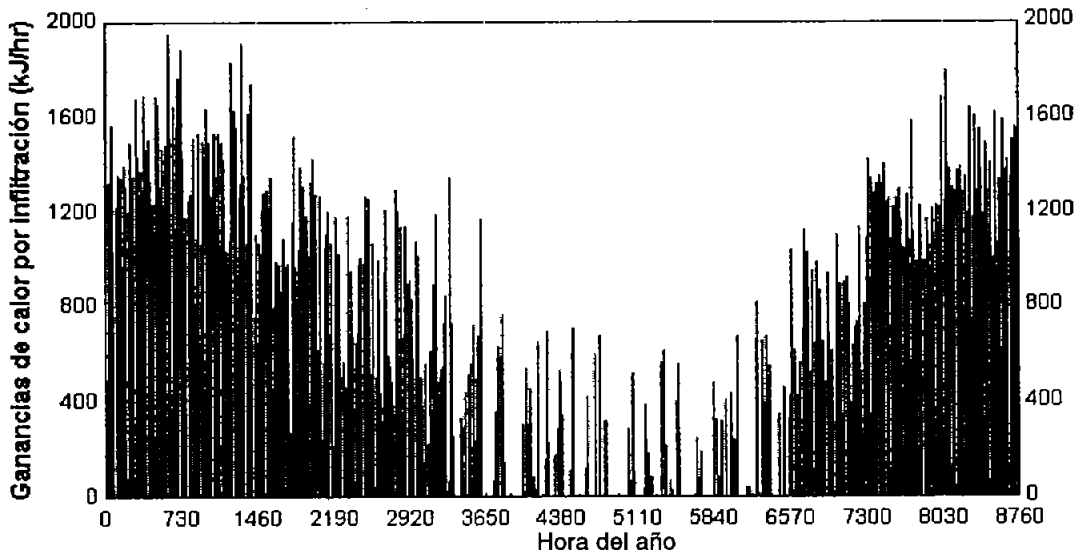
Las últimas dos gráficas muestran el comportamiento de la humedad relativa dentro de la vivienda de interés social, los valores son bajos en los meses sin precipitación pluvial (Febrero – Junio) y el hecho de tener cargas térmicas por uso de equipo, infiltración, clima y usuarios, influye de manera importante para bajar el porcentaje de humedad.

5.4.3 Infiltración



Gráfica 27. Ganancias térmicas por infiltración al año en la vivienda vernácula.

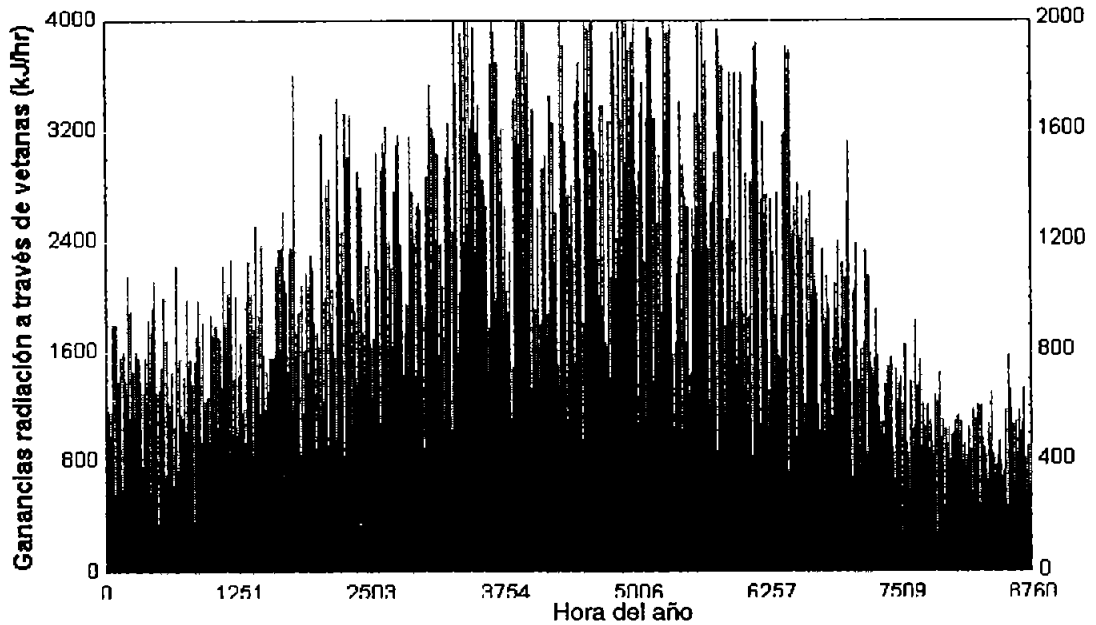
En la gráfica 27 se observa que las ganancias por infiltración son mayormente en los meses cálidos con valores escasos de hasta 1100 kJ/hr en la zona de servicio de la vivienda vernácula (cochera, baños y almacén, línea de color más fuerte). El patio central representado por la línea más tenue, tiene ganancias en más tiempo del año con valores máximos de 400 kJ/hr. Se considera que la infiltración con valores negativos (sería por debajo de los kJ/hr), son benéficos para obtener condiciones de temperatura confortables.



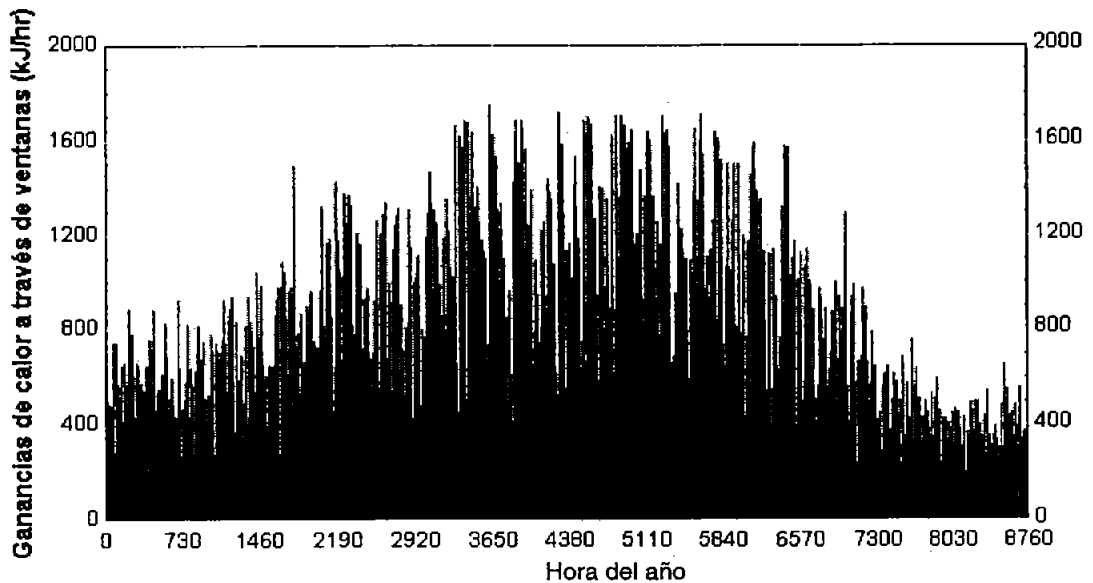
Gráfica 28. Ganancias térmicas por infiltración al año en la vivienda de interés social.

En la gráfica 28, las ganancias por infiltración ocurren al revés de la gráfica 26, pues en los meses cálidos más cálidos, la vivienda mantiene una temperatura similar, por lo que las ganancias son pequeñas.

5.4.4 Ganancias a través de ventanas



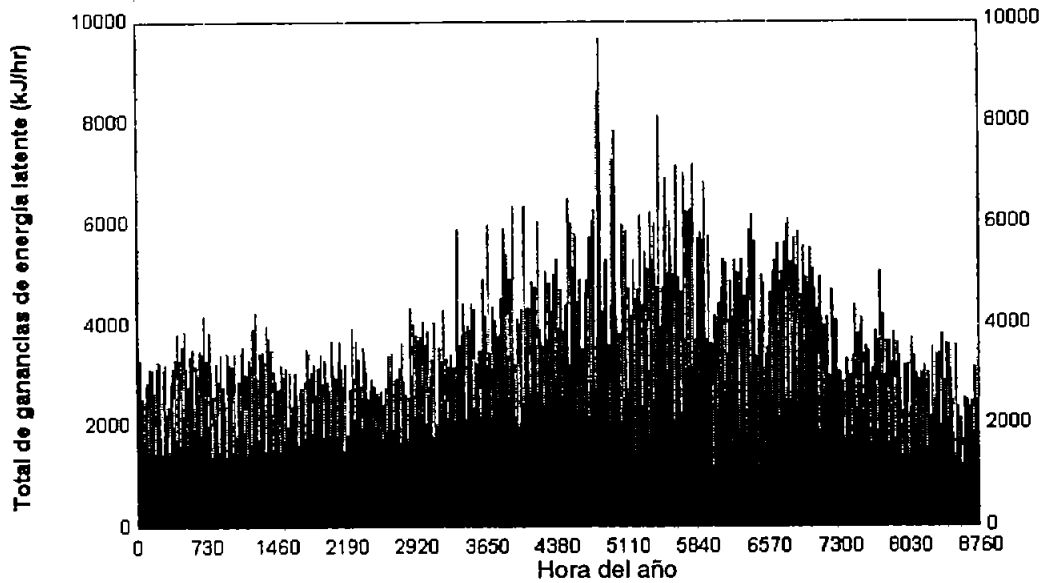
Gráfica 29. Ganancias térmicas de radiación a través de ventanas al año en la vivienda vernácula.



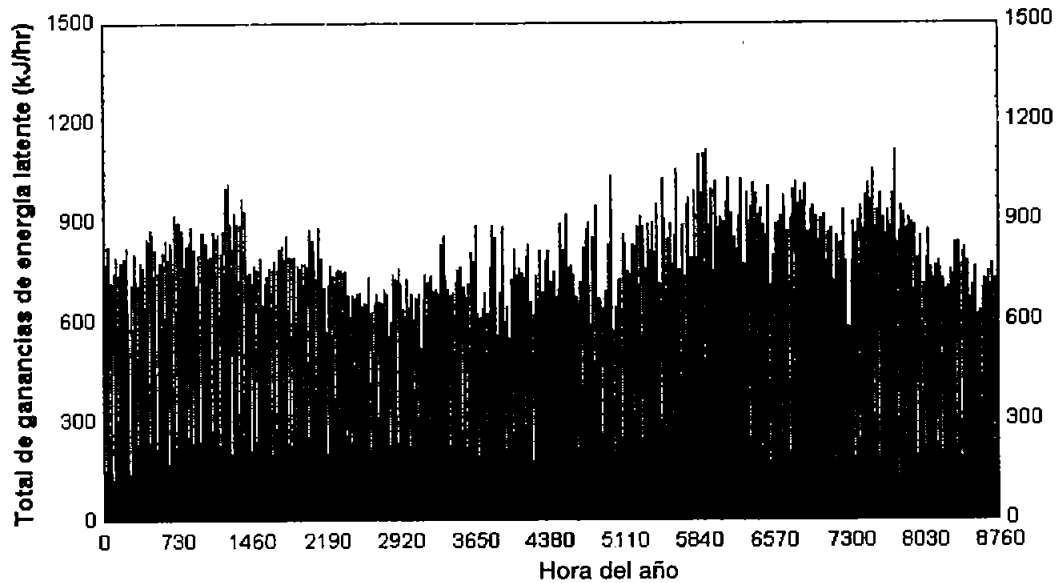
Gráfica 30. Ganancias térmicas por radiación a través de ventanas al año en la vivienda de interés social.

En la gráficas 29-30, las ganancias por radiación a través de ventanas son representadas. La primera que corresponde a la edificación vernácula, tiene mayores valores que la segunda, por tener una mayor área de ventanas. Como se puede ver, tales ganancias se incrementan en los meses más cálidos en ambos casos.

5.4.5 Ganancias de energía latente



Gráfica 31. Ganancias de energía latente en la vivienda vernácula al año.



Gráfica 32. Ganancias de energía latente en la vivienda de interés social al año.

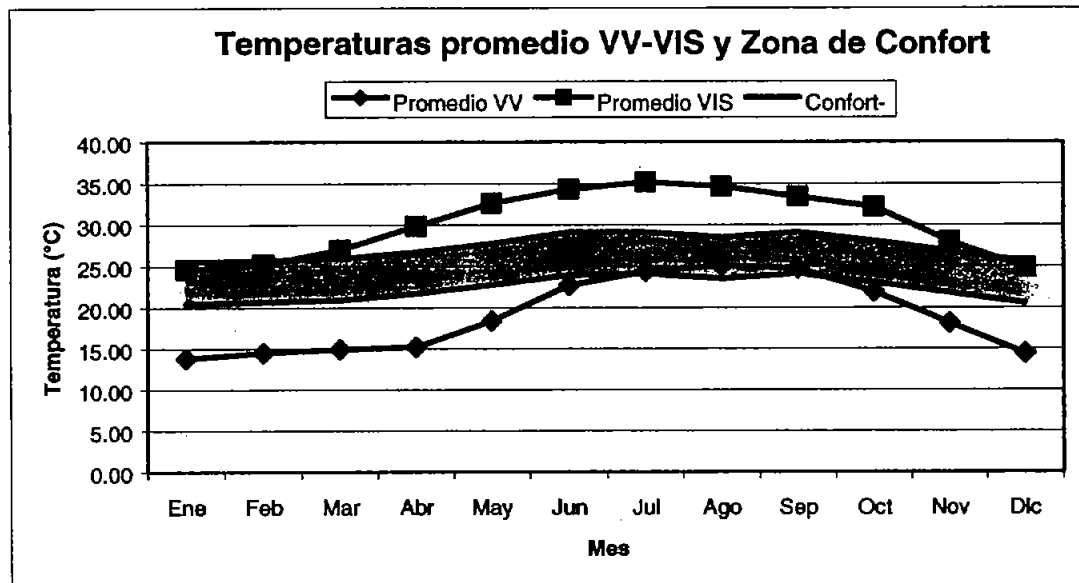
La energía latente en el caso de los edificios se refiere a la energía empleada en los procesos de condensación y vaporación necesarios para la regulación de la humedad de los ambientes climatizados. En este caso los valores de las gráficas son el total de ganancias incluyendo ganancias por infiltración, ganancias de calor latente internas y absorción de vapor en los muros. Nótese que el movimiento de las líneas en las gráficas 31 y 32, concuerda con los valores de las gráficas de humedad respectivas (23 y 25).

5.5 Análisis de resultados de la simulación

Se analizaron los casos característicos de vivienda vernácula (VV) e interés social (VIS) al simular su comportamiento térmico. Los prototipos de vivienda fueron analizados tomando en cuenta aspectos de ocupación, horario de uso de equipo e iluminación, estrategias de ventilación, infiltración, humedad, envolvente, clima, actividades de los ocupantes, etc. Los resultados generados con TRNSYS fueron en cuanto a temperatura y humedad relativa de las zonas, ganancias por infiltración, radiación a través de ventanas y energía latente y de los cuales se desligan las siguientes reflexiones:

5.5.1 Vivienda vernácula

1. En la vivienda vernácula existe baja ganancia por radiación en la esfera proveniente de la losa (ver gráfica 13) puesto que esta se encuentra a más de 3m de distancia de la cabeza humana, se puede suponer que la diferencia de temperatura proveniente del medio ambiente es la causante de la mínima diferencia existente entre ambas.
2. Las temperaturas más altas registradas para el período más cálido (Mayo-Octubre), se encuentran con valores de 33°C, lo que comparando con el rango de confort definido en la gráfica 6, las condiciones se encuentran 4-5°C arriba de este.



Gráfica 33. Comparación de temperatura promedio mensual entre la vivienda vernácula y la vivienda de interés social con referencia a la zona de confort.

3. La humedad relativa en las zonas presenta variaciones sobre todo en el patio central y portales, donde la temperatura baja considerablemente y se tienen temperaturas mas altas de 30°C (ver gráficas 11 y 22), es decir hay mayor oscilación higrotérmica por estar en contacto directo con el exterior.
4. La zona de recámaras es la más afectada puesto que esta presenta el mayor número de ventanas y muros con soleamiento (sureste, suroeste y noreste), además de ganancias por ocupación, equipo e iluminación internos.
5. Se identificaron los siguientes elementos bioclimáticos rectores en el funcionamiento de la vivienda vernácula:

- a. El uso del patio central
- b. Los materiales de la envolvente
- c. La dimensión
- d. La altura de los espacios
- e. El uso de postigos
- f. La orientación del edificio.

5.5.2 Vivienda de interés social

En los espacios de esta edificación, se muestran temperaturas muy parecidas a las del exterior, lo que nos lleva a concluir en base a conceptos básicos de transferencia de calor y en los resultados obtenidos que se observan en las gráficas 9 y 10 que los aspectos de este tipo de vivienda son notablemente desfavorables en cuanto al confort térmico interior y desde un punto de vista de consumo de energía son:

- a. La alta conductividad de los materiales de la envolvente (ver tabla 2, comparación de propiedades termofísicas de los materiales)
- b. La mínima altura de losa (ver figuras 33 y 39)
- c. Un mal empleo de la ventilación natural (infiltración).
- d. El nulo control solar en ventanas y muros (ver figura 33 y 39)
- e. El uso de equipo que genera calor como TV, computadora, estufa, iluminación, etc., que se concentra en un solo espacio.

Tomando en cuenta estos resultados, se puede ahora, aplicar los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula en una vivienda de interés social para que con base a ello, se realice la adecuación bioclimática.

6. ADECUACIÓN BIOCLIMÁTICA

de la vivienda de interés social

Actualmente se generan interesantes investigaciones sobre la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social, la preocupación por parte de un reducido pero entusiasta grupo de investigadores han hecho una labor ineludiblemente enfocada y atinada a la problemática energética y ambiental de la vivienda en México. No obstante, hay que ser conscientes de que las necesidades de la vivienda moderna son cada vez más retadoras en diversos temas como lo es la cuestión de la implementación de tecnología en sensores de iluminación, fuego, así como la seguridad y la salud entre otros; la cuestión económica, la parte de mantenimiento y la durabilidad en los materiales así como el ahorro y uso eficiente de la energía.

Una parte importante que atañe hoy en día a la misma, es que su diseño está algo alejado de ofrecer todas estas propiedades, las cuales dignifican la habitabilidad de la vivienda y que enaltecen el trabajo desarrollado por los grupos de investigadores preocupados por una mejor calidad de vida de la sociedad urbana. Debemos ir formando un futuro en donde las regulaciones de construcción de vivienda se contemplen los aspectos de confort espacial, visual, acústico, olfativo y térmico.

En este documento como un último capítulo, se hace una adecuación bioclimática de la vivienda de interés social con base al estudio de la arquitectura vernácula y en cuanto al tema del confort térmico, encontrando una serie de aspectos a tomar en cuenta. El porcentaje de confort que se obtuvo tras la adecuación fue mayor que el de la arquitectura vernácula y obviamente, mayor que el de la vivienda de interés social (ver gráfica 42).

6.1 Elementos bioclimáticos considerados

Se realizaron cuatro 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 (sus propiedades termofísicas), 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. Ninguno de los tres primeros resultados emitió valores convenientes, la primera adecuación no causó ningún efecto en la temperatura, la segunda incrementó a los 43°C al igual que en la tercera, en la cuarta adecuación se lograron obtener mejores resultados los cuales serán presentados en las páginas siguientes.

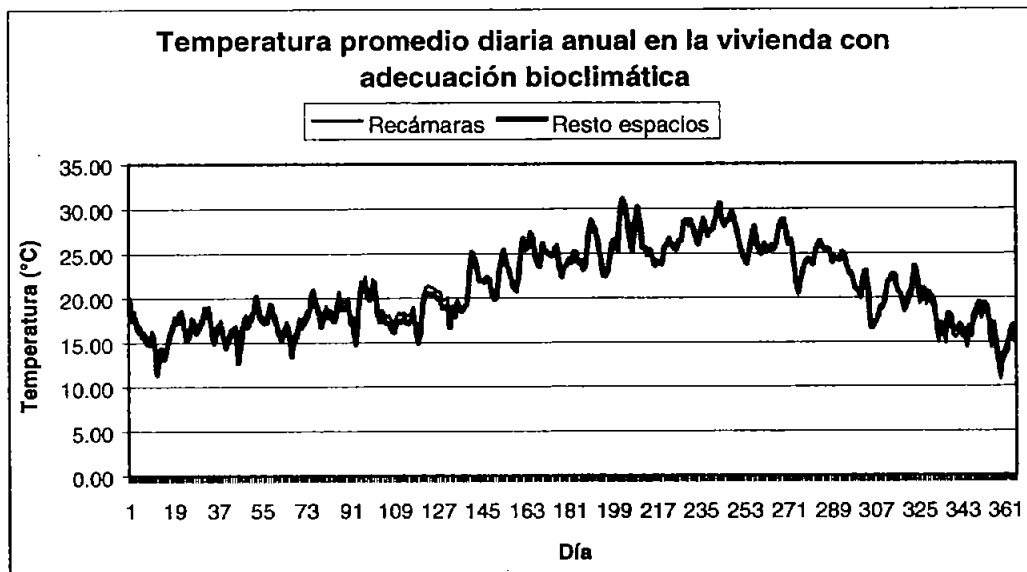
6.1.1 Consideraciones en la adecuación:

1. Se conservó la misma planta arquitectónica de la vivienda de interés social
2. Resistencia térmica en los muros verticales igual a los de la VV, que es de 0.2482 hm²K/kJ.
3. 0.5m de mas altura de losa (3.00m)
4. Losa con una resistencia térmica de 1.4182 hm²K/kJ, a la que antes alcanzaba una R=0.0893 hm²K/kJ.
5. Empleo estratégico de la ventilación natural (infiltración), que consistió en incrementar los cambios de aire por hora en los meses mas cálidos y de reducirlos en los meses mas fríos (ver tablas 3-4).
6. Uso de postigos en ventanas los cuales tienen una resistencia térmica de 3.70 hm²K/kJ.
7. Se consideró la misma orientación que en los casos anteriores: Sureste.

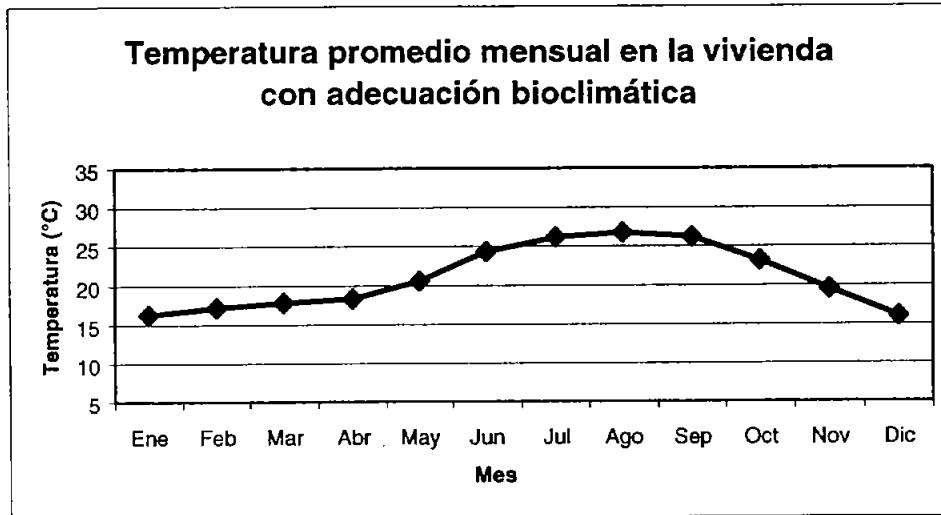
6.2 Resultados

La simulación consistió al igual que en los casos anteriores (vivienda de interés social y vernácula), en la obtención de datos horarios anuales; conforme se realizaron las adecuaciones a la vivienda de interés social, se encontraron resultados que pueden marcar la pauta para el diseño arquitectónico de la vivienda en el clima cálido seco.

6.2.1 Temperatura



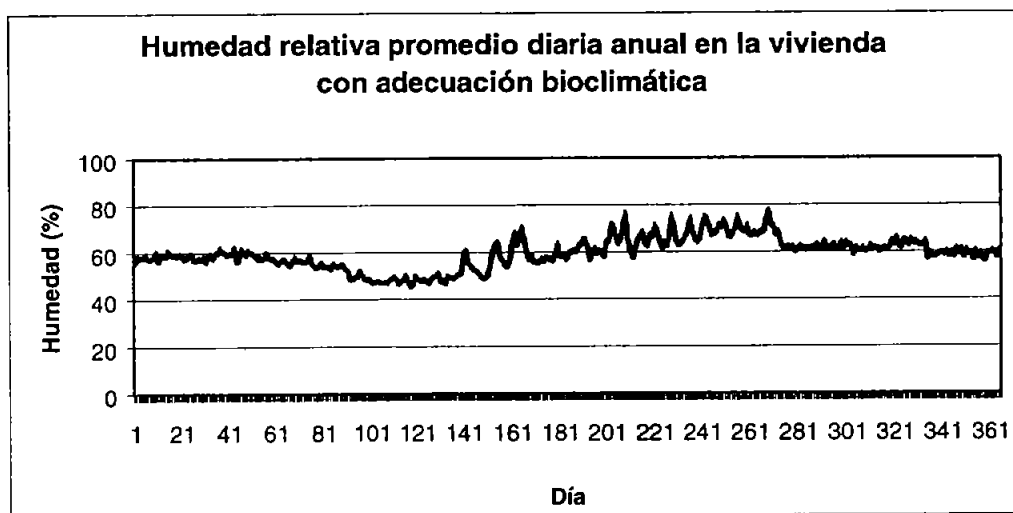
Gráfica 34. Temperatura promedio diaria anual simulada en el interior de la vivienda con adecuación bioclimática.



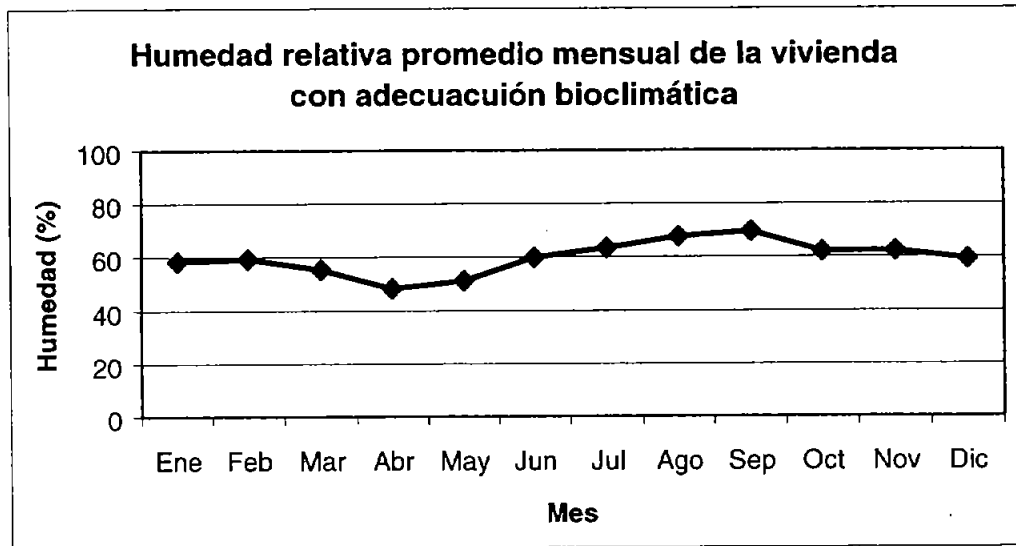
Gráfica 35. Temperatura promedio mensual simulada en el interior de la vivienda con adecuación bioclimática.

La gráfica 34 muestra un promedio en los datos de temperatura diaria al año. En ella se observa que las temperaturas más elevadas en todo el año son en Junio - Septiembre y estas varían desde los 27 a los 30°C, temperaturas muy parecidas a lo que ocurre en el caso de la vivienda vernácula. Para los meses fríos se logra obtener mediante un uso estratégico de la ventilación natural, temperaturas promedio desde los 15-22°C (5° por encima de los de la vivienda vernácula). Sin olvidar que existen temperaturas cuya oscilación alrededor de la promedio que se muestra en las gráficas 34 y 35 es de $\pm 5^\circ\text{C}$.

6.2.2 Humedad relativa



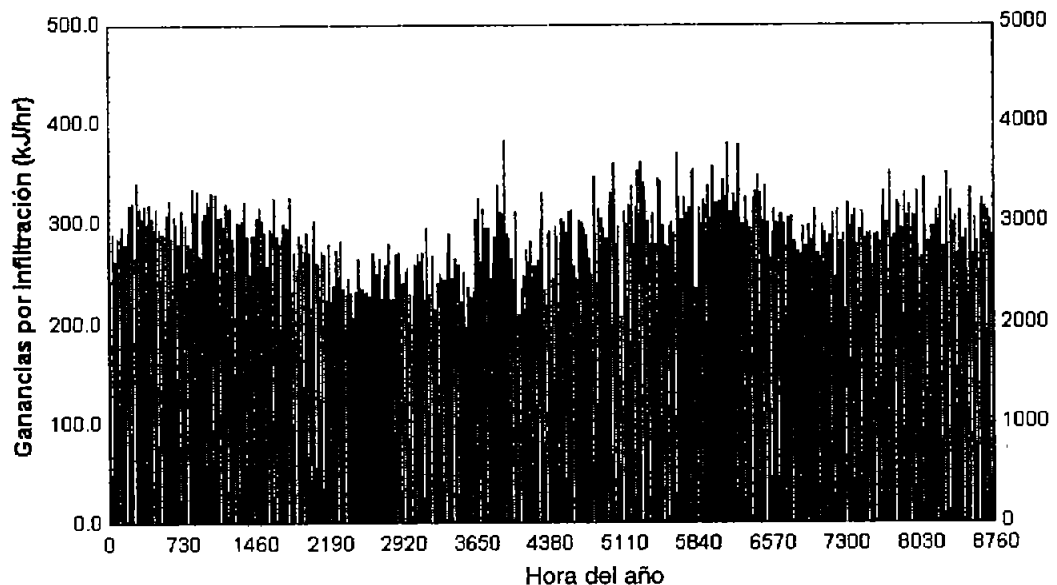
Gráfica 36. Humedad relativa promedio diaria anual simulada dentro de la vivienda en la vivienda con adecuación bioclimática.



Gráfica 37. Humedad relativa promedio mensual simulada dentro de la vivienda en la vivienda con adecuación bioclimática.

La humedad relativa permanece casi inalterable respecto a la del exterior, los valores presentaron cambios en la zona de estar disminuyendo el porcentaje de humedad, que es donde se concentra y genera más calor durante el día debido a las actividades que se realizan y al equipo utilizado. Los valores oscilan principalmente entre el $\pm 16\%$ de acuerdo a los valores de las gráficas 36 y 37.

6.2.3 Infiltración (ventilación natural)

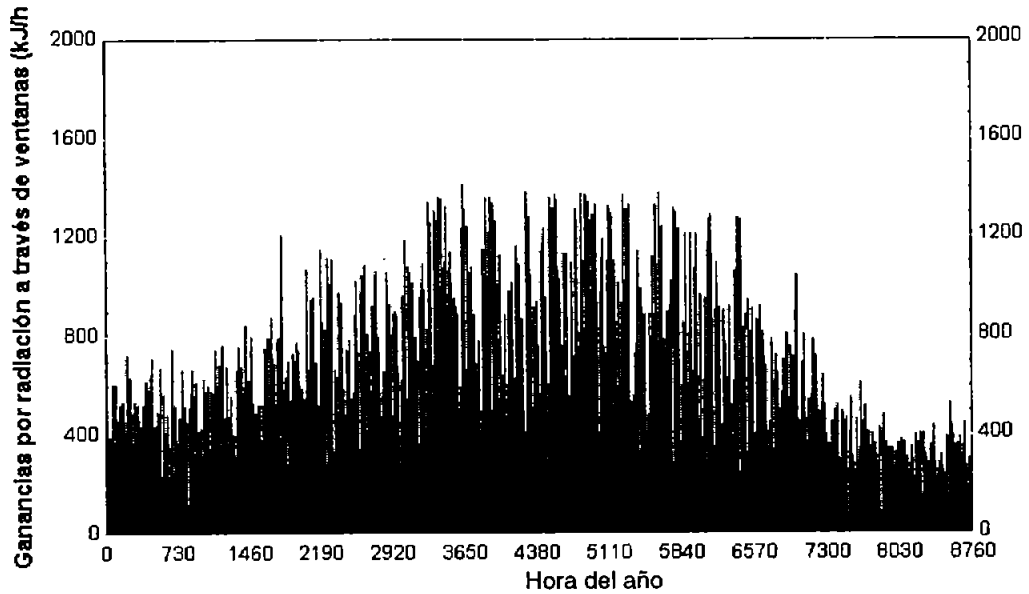


Gráfica 38. Ganancias por infiltración horaria en la vivienda en la vivienda con adecuación bioclimática.

En la gráfica 38 se observa que las ganancias por infiltración son relativamente constantes a lo largo del año, solo en los meses cálidos, los valores se incrementan moderadamente de los 300 a los 350 kJ/hr. Las ganancias térmicas por infiltración en

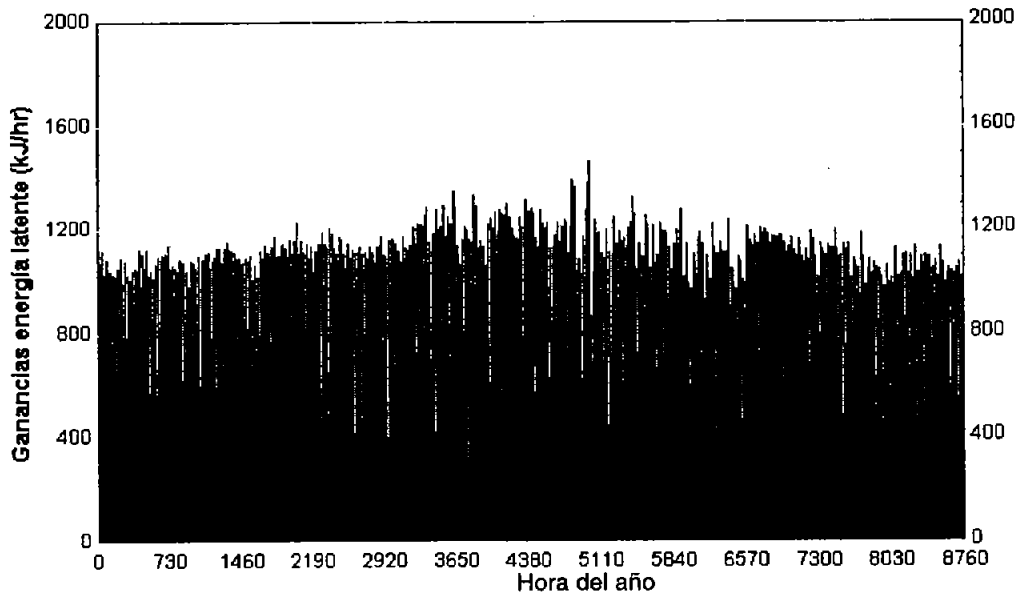
todos los casos dependen del grado de energía que existe en el medio del cual proviene como lo es en este caso las condiciones del exterior.

6.2.4 Ganancias a través de ventanas con postigos



En la gráfica 39, se observa que las ganancias se incrementan conforme el clima cambia de frío a cálido. Los valores mas altos alcanzan los 1250 kJ/hr, mientras que en la vivienda de interés social (gráfica 30), estos valores son por encima de los 1600 kJ/hr.

7.2.5 Ganancias de energía latente



Las ganancias de energía latente incluyen infiltración, ganancias internas de equipo, iluminación, personas y absorción de vapor en muros. Nótese que los valores de la gráfica 40 son menores que los de la vivienda vernácula y mayores que los de la vivienda de interés social, dados los cambios con la adecuación.

6.3 Análisis de resultados

Se adecuó una vivienda de interés social con bases en los elementos bioclimáticos analizados en la vivienda vernácula mestiza, encontrando que:

1. Las temperaturas registradas en las zonas de la vivienda con adecuación son muy similares a las registradas en la vivienda vernácula, a reserva de las encontradas en la época cálida, las cuales están mas cercanas a la zona de confort.
2. La zona semipública tiene una cantidad mayor de ganancias térmicas dada su orientación y el uso de los equipos electrodomésticos que generan calor.
3. La humedad relativa permanece prácticamente sin alteraciones con respecto a la medida en el exterior.
4. Las ganancias por radiación a través de ventanas (postigos, gráfica 39) son mas bajas en referencia a las de la vivienda de interés social (gráfica 30), lo que disminuye la temperatura interior.
5. Las estrategias de ventilación natural (infiltración) fueron necesarias para obtener condiciones térmicas aceptables dentro de la vivienda (ver tablas 5 y 6).

Se establecieron dos estrategias de ventilación diferentes (una para cada zona) debido a que cada una tiene actividades diferentes y en consecuencia la generación de calor en cada una es también distinta.

RECÁMARAS		RESTO ESPACIOS	
Temp. (°C)	h/m	Temp. (°C)	h/m
	0.6		0.8
	1.5		3
	3		5
	5		6
	3		5
	1.5		2
	0.6		0.8

Tabla 5. Estrategia de ventilación natural empleada en el proceso de simulación para época fría en la vivienda con adecuación bioclimática.

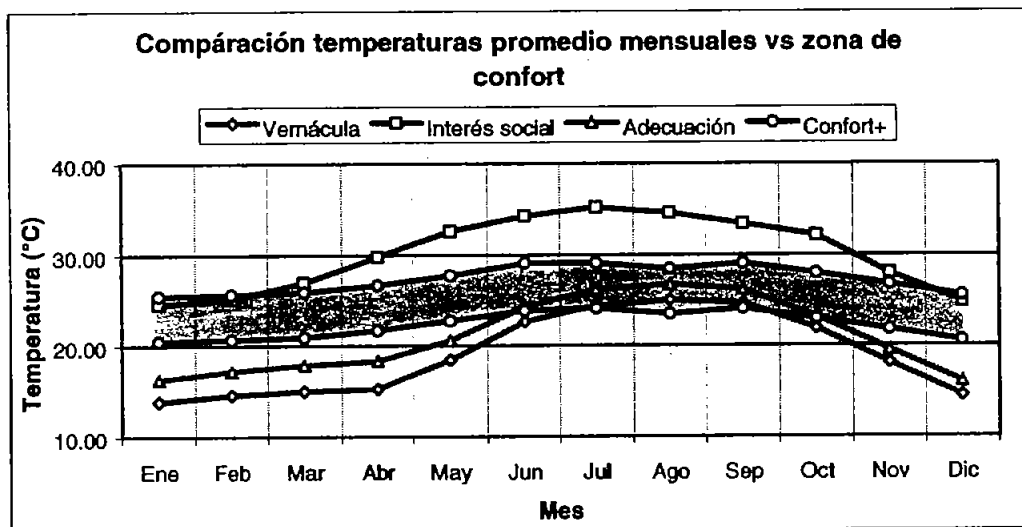
RECÁMARAS		RESTO ESPACIOS	
Temp. (°C)	h/m	Temp. (°C)	h/m
	5		5
	8		12
	10		6
	5		14
	7		5
	5		
	10		
	5		

Tabla 6. Estrategia de ventilación natural empleada en el proceso de simulación para época cálida en la vivienda con adecuación bioclimática.

Si se quiere conservar el calor en el interior de la vivienda, una de las formas de hacerlo es mediante una estrategia de ventilación natural, en la cual se eviten pérdidas durante las horas de frío sin dejar de ventilar de forma natural. La estrategia empleada se muestra en la tabla 3, en donde desde las 22:00 a las 07:00-08:00, se cierran puertas y ventanas, dejando paso a una mínima cantidad de flujo de aire, conforme avanza el día y va incrementando la temperatura, se abren ventanas incrementando el flujo de aire, siendo este mayor desde las 13:00 a las 16:00-17:00 horas.

De lo contrario, si se requiere tener pérdidas de calor, la estrategia ahora es incrementar el flujo de aire (cambios de aire por hora), aprovechando el de la madrugada y noche que es fresco (alrededor de 20°C) para liberar el calor acumulado durante el día y enfriar la envolvente del edificio. Para el mediodía y tarde se debe reducir este flujo debido a que la temperatura del aire exterior es alta (tabla 4).

6. La mayor parte de las temperaturas horarias registradas en los meses cálidos se encuentran dentro del rango de confort, pero hay la necesidad de emplear un sistema de climatización mecánico que ayude a obtener el confort en horas críticas de calor como un ventilador o un sistema de "aire lavado".



Gráfica 41. Comparación de temperaturas de viviendas simuladas (vernácula, interés social y adecuación bioclimática) vs. la de la zona de confort térmico.

Originalmente, las temperaturas mas bajas de la vivienda con adecuación estaban muy similares a las que se daban en la vivienda vernácula. Con las estrategias de infiltración empleadas se logró subir alrededor de 4°C las temperaturas mas bajas (en relación a los datos obtenidos con el simulado de la vivienda vernácula) y ubicar una mayor cantidad de temperaturas dentro y cerca de la zona de confort.

CONCLUSIONES

Y recomendaciones generales

1. Elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula

Los elementos bioclimáticos identificados durante el estudio in situ de la arquitectura vernácula fueron divididos en 6 grupos. Durante el inicio de esta investigación, por observación propia, se encontró que la arquitectura vernácula indígena tiene tres desventajas con respecto a la mestiza: el constante mantenimiento en la envolvente ante el clima, la baja capacidad de carga en la estructura y quizá el más importante: existen menor número de elementos bioclimáticos, con lo cual no se pretende afirmar que es menos eficiente que la mestiza ya que eso sería tema de una segunda investigación. Una de las causas de optar por estudiar a fondo la arquitectura vernácula mestiza es que esta se asienta fundamentalmente en las ciudades y no en los pueblos, como la indígena. El contraste social y cultural, es la principal causa de esta diferencia, por ende, los elementos identificados son los adecuados a los asentamientos menos densos en el caso de la indígena o a los pueblos o ciudades en el caso de la mestiza.

Una vez que se definió que se estudiaría la arquitectura mestiza por las razones anteriormente mencionadas, se encontró que los elementos más significativos en esta arquitectura son: el patio central, la altura de losa y el empleo de la alta masa térmica en toda la envolvente con materiales de la región.

Actualmente algunas viviendas de construcción moderna emplean estos elementos con fines estéticos principalmente, muchos emplean el portal o el "porche" como imitación al estilo vernáculo y no para protegerse del sol, diseñadores emplean el jardín interior en las residencias como un elemento estético y no bioclimático y el doble muro para generar una visual agradable de la consistencia del mismo, entre otros. Es decir, es triste que el empleo de tales elementos se reduzca a una función, cuando desde hace cientos de años cubren dos. Se debe tener muy en cuenta que un buen uso de tales elementos conduce a la obtención de un diseño bioclimático basado en nuestras raíces culturales.

2. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda vernácula

El mejor desempeño térmico se da en los meses de Mayo a Julio y de Octubre a Noviembre, periodo en el que la mayoría de las temperaturas se encuentran dentro del rango de confort térmico definido en la gráfica 9. La oscilación de temperatura es mínima

en los espacios interiores de la sala, comedor y recámaras, en cambio en el área de servicio se encuentran temperaturas más altas (ver gráfica 18).

Para el periodo de invierno, el desempeño térmico de la vivienda baja considerablemente, haciéndose fría, el calor del medio ambiente no es lo suficientemente fuerte como para provocar un gradiente significativo en la temperatura de los muros interiores (ver gráficas 12,13 y 15). Es únicamente en los muros colindantes al patio central donde se da una diferencia de temperatura de 8°C (ver gráfica 14). Ello habla de que la vivienda vernácula mestiza está diseñada para enfriar particularmente, debido a que existen algunos inconvenientes si se requiere calentar de forma pasiva que son:

- a. La gran altura de losa (5m),
- b. Contiene una parte opaca en la envolvente del 60%,
- c. El uso del patio central como sistema pasivo de enfriamiento,
- d. El uso de los portales y
- e. La gran masa térmica de la envolvente.

Quizás los diseñadores de este tipo de construcciones tenían claro que el frío más intenso de la región era soportable al estar bajo el resguardo del edificio, ya que el confort térmico se obtiene con un par de cobijas al dormir o un suéter durante las primeras y las últimas horas del día, permitiendo hacer las actividades cotidianas de una manera normal.

3. Patio central

Actualmente los patios centrales se emplean mayormente en edificios comerciales, quienes han perdido el carácter original de la arquitectura vernácula y con ello los beneficios que tienen sus elementos. Hoy es necesario generar propuestas que en base a la combinación del conocimiento empírico, científico y tecnológico sea mejor el desempeño climático del patio central y se generen aun mejores resultados de los que proporciona la arquitectura vernácula. Con ello se podrían obtener beneficios tanto de confort, económicos, ambientales como energéticos y por consiguiente de productividad.

De Acuerdo a las gráficas generadas con los datos medidos en el patio central para el día cálido y frío, se puede observar que este elemento presenta las variaciones extremas en relación a los demás espacios, es decir, mientras que en la zona de estancia se tiene una oscilación térmica no mayor a los 5°C, en el patio se da de hasta los 12°C, debido a que está en contacto directo con el ambiente exterior (gráfica 11).

En el caso de los datos promedio obtenidos con la simulación, se observa que este elemento siempre conserva una temperatura menor que el resto de los espacios, por lo que se puede catalogar como un sistema pasivo de enfriamiento para la época calurosa del año. Sin embargo, para la temporada fría el patio central no proporciona los beneficios de calentamiento pasivo, por lo contrario, sigue enfriando al generar sombra a los muros contiguos y manteniendo la humedad así como dejar pasar las bajas temperaturas del exterior hacia el espacio adjunto que es el de los portales.

Tomando como base la detección de este problema, se podría generar una propuesta de calentamiento pasivo por medio del patio central para la vivienda vernácula, en la cual las estrategias fuesen:

- a. Colectar la radiación solar en los materiales de muros y pisos, distribuyendo el calor hacia los espacios por inercia térmica,
- b. Tener cubierto el patio central por las noches,
- c. Emplear vegetación de hoja caduca,
- d. La fuente de agua solo debiera funcionar en horas de mediodía y
- e. Proporcionar la mejor orientación para las zonas que se requieran calentar.

Aunque el objetivo de la tesis no es encontrar una respuesta al problema térmico de la vivienda vernácula en los meses fríos del año, es necesario proporcionar las estrategias que (de forma supuesta) darán solución a este problema con el propósito de tener una referencia al adecuar la vivienda de interés social o para en un futuro mejorar el comportamiento térmico de esta vivienda.

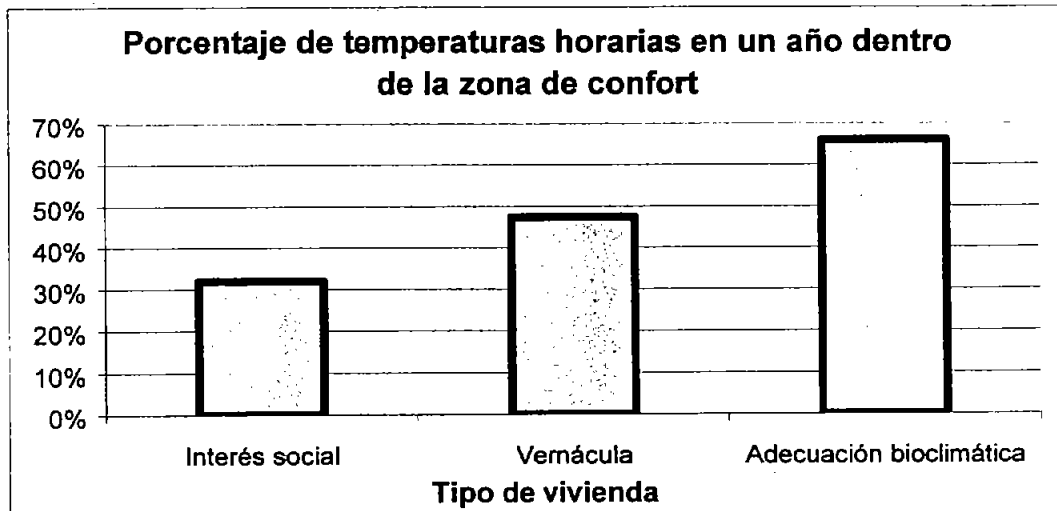
4. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda de Interés social

El mejor desempeño térmico de la vivienda de interés social, se da justo cuando es el peor desempeño en la vivienda vernácula y viceversa. Se tiene un 31.2% del año en confort térmico, que va desde mediados de Noviembre a mediados de marzo.

De acuerdo a las gráficas obtenidas con los datos medidos y la simulación (10 y 21), se observa que inclusive en los meses cálidos (Mayo-Octubre) las temperaturas sobrepasan la temperatura ambiente debido a que el calor almacenado en la envolvente, mas el generado internamente provocan un sobrecalentamiento que no se elimina, como se explicó al final del capítulo 5.

5. Simulación del comportamiento térmico de la vivienda con adecuación bioclimática

La adecuación bioclimática de la vivienda de interés social fue con base a la arquitectura vernácula mestiza. Únicamente el elemento que no se implementó fue el patio central, debido a que es imposible adaptarle un elemento de tales dimensiones. Incluso, si se quisiera reconceptualizar el diseño del patio para adaptarlo a las condiciones de espacio de la vivienda de interés social, se tendría que ampliar el área construida. Por fortuna, los resultados de la simulación de la vivienda con adecuación dan una eficiencia del 66% del año de las temperaturas dentro del rango de confort térmico (gráfica 42). Con ello podría surgir una propuesta de complementar el diseño eficiente de la vivienda de interés social, tomando en cuenta ambos casos, en otras palabras, recurrir hacia un diseño de arquitectura transformable (cambiante) en cuanto a materiales principalmente si queremos resolver la parte térmica.



Gráfica 42. Porcentaje de temperaturas horarias durante un año de clima típico, dentro de la zona de confort definida en la gráfica 9.

En cuanto a términos de confort, se puede deducir en base a las gráficas 9 y 34-35, que la vivienda con adecuación bioclimática presenta un 65% de las horas de Mayo a Octubre en el rango de confort para estos meses, mientras que un 50% aproximadamente se encuentra en temperaturas altas y el resto bajo dicho rango. Si comparamos con la vivienda de interés social, las condiciones son de un 70% de las horas de los meses cálidos con valores arriba del rango de confort y un 27% de confort.

Las ganancias por infiltración se incrementan dependiendo la temperatura ambiente, en el caso de la vivienda de interés social, esta tiene mas ganancias en los meses fríos que en los meses cálidos. Para el caso de la vivienda con adecuación bioclimática, se necesitó de emplear una estrategia de enfriamiento natural.

En la temporada fría, la temperatura óptima se encontró en la vivienda de interés social, es decir, curiosamente, este tipo de vivienda funciona bien para clima cálido seco en invierno, en diferencia, la vivienda vernácula y la adecuación resultaron frías en esta época, por lo que se desligan los siguientes puntos a tomar en cuenta:

Cargas térmicas a través de la envolvente

- Es necesario emplear materiales en muros y losas correctamente. En este documento, se recomienda el uso de materiales con características termofísicas similares a las que presentan los empleados en la arquitectura vernácula con el objetivo de controlar evitando y aprovechando según la condición climática exterior, los cambios de temperatura entre las estaciones.
- Se recomienda el uso de una estrategia de descarga, captación y aislamiento de calor como son los postigos, puesto que si comparamos las gráficas 30 y 39, se puede observar, la diferencia en cuanto a ganancias térmicas a través de ventanas con postigos o sin ellos.

Cargas por equipos electrodomésticos e iluminación

- El uso de aparatos electrodomésticos con alta eficiencia energética y menor generación de calor, permitirán tener mejores condiciones térmicas para el usuario al aportar la mínima cantidad de calor posible.

Humedad

- En temporada de lluvias (jul-Sep), la humedad relativa se incrementa, por lo que es necesario tener una estrategia de ventilación adecuada. Se requiere de emplear la ventilación natural orientando ventanas grandes (con su respectivo control solar) hacia los vientos dominantes para captarla. En estos meses, si no existe ventilación dentro de la vivienda, es posible que haya un exceso de humedad y los muros tienen una mayor capacidad de conducir el calor del exterior y mantenerlo, sin embargo, al ventilarlos, se enfrían y enfrían el espacio.
- En temporada de sequía (Nov-Jun) es necesario agregar humedad al ambiente interior para producir bajas de temperatura, sobre todo en el mediodía. Un medio efectivo es la vegetación, el uso de materiales higrotérmicos como el tabique, el concreto, algunas piedras, etc.

Altura y dimensiones

- Se recomienda una altura de techo aproximada de 3.00 metros.
- Es recomendable tener un espacio mas amplio, así el calor emitido por los ocupantes y por los aparatos electrodomésticos e iluminación se dispersa por el aire e impacta menos.

Invierno

- El problema para invierno sería tener una vivienda muy fría (ver gráfica 31 y 32), por lo que, como consideraron Chan D., Romero R., Bojórquez G., y Luna A., (1999), los materiales deberían ser variables. De acuerdo a las gráficas de temperatura anual en las

viviendas vernácula y con adecuación bioclimática, se puede observar, que para los meses fríos, estas viviendas mantienen temperaturas muy bajas, por lo que se debe tomar a consideración una estrategia para climatizar el interior con un sistema de captación de calor.

Con base a los resultados obtenidos, se muestra cuan viable es la adecuación bioclimática de la vivienda de interés social, con ello se puede reflexionar en que no impactaría demasiado 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 infiltración, pudiendo ser ésta con sistemas de convección natural, además de obtener una mejora térmica de la vivienda actual que en caso de que se llevara a cabo podría considerarse como una solución al problema de la habitabilidad actual de la vivienda de interés social en el clima cálido seco de México y considerando que se ofrece una alternativa de adecuación tomando en cuenta nuestras raíces culturales e históricas.

REFERENCIAS

bibliográficas

1. **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*, vol. 44, Pág. 419-428.
2. **Auliciems A.**, (1990). Psychophysical criteria for global zones of building design. In: *Proceedings 9th International Society of Biometeorology conference. Part 2. Biometeorology*, vol 8, pp.69-86.
3. **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, pág.35.
4. **Borbón A.**, (2003). *Respuesta térmica de la envolvente y su influencia en el confort interior en la vivienda de interés social en Hermosillo, Son.* Tesis de Maestría de Facultad de Arquitectura de la UABC, Mexicali, B.C., Septiembre de 2003.
5. **Canales C., y Morillón D.**, (2003). *Evaluación de la Vivienda de Interés Social caso: Pachuca, Hgo.* XXVII SNES, ERE 01-33, Pág. 105-109.
6. **Cañas I., Martín S.**, (2004). Recovery of spanish vernacular construction as a model of bioclimática architecture. *Building and Environment*, vol. 15, 365-346.
7. **Carrasco C.**, (2003). Notas del curso: *Análisis térmico de edificios*. Dr. Christopher Heard, en las instalaciones del I.M.P
8. **Carrasco C.**, (2003). Notas del curso: *Sistemas Pasivos de climatización*. Dr. David Morillón, en las instalaciones del Inst. de Ingeniería UNAM.
9. **Carrasco C.**, (2003). Notas del curso: *Diseño Bioclimático*, Dr. Diego Morales, en DEP, FAAC. DE Arquitectura-UNAM.
10. **Carrasco C.**, (2003). Notas del curso: *Heliodiseño*. Dr. Gómez G., en las instalaciones del II-UNAM / UCOL.
11. **Carrasco C.** (1999). Investigación de campo sobre la arquitectura vernácula de el centro sur de Sinaloa, para la materia de Teoría de la arquitectura y el arte mexicano II, impartida por el Prfsr. H. Cota, en el ITLM, Los Mochis, Sin.
12. **Carrasco C.**, (2003). *Aplicación de Sistemas Pasivos de Climatización en una Vivienda para la Ciudad de El Fuete Sinaloa*. Tesis de Licenciatura en Arquitectura, ITLM, Los Mochis, Sin., México.
13. **Carrasco, C. y Morillón D.**, (2003). *Patio Central como Sistema Pasivo de Enfriamiento en Clima Cálido Seco: Edificios Comerciales*. XXVII SNES, ERE 01-34, Pág. 111-116.
14. **Chan L., Romero R., Bojórquez M., Luna A.**, (1999). *Evaluación térmica de esatragias de adecuación ambiental para viviendas en zonas áridas y su impacto en ahorro de energía eléctrica*. XXIV SNES, Pág. 49-53

15. **Corrales A.**, (2000). *Análisis del Bioclima en la Vivienda de Topolobampo*. Trabajo de Diplomado en diseño bioclimático, ITLM. Los Mochis, Sin. México.
16. **Corro G.**, (2002). *Análisis de los elementos bioclimáticos empleados en la zona altiplana – lacustre del estado de Michoacán, México*. ANES, ERE 01-36, Pág. 119.
17. **Crawley D., Lawrie, L., Winkelman, F.**, (2001). *Energy Plus: creating a new-generation building energy simulation program*, Energy and Buildings, pp. 319-331
18. **De la Mora A., Morillón J., Morillón D.**, (1996). *Sistemas Pasivos de la arquitectura vernácula de Comala*, XX SNES, pp. 197-200.
19. **Díaz J., Morillón G.**, (1999). *Comportamiento térmico de la vivienda de interés social en diferentes regiones climáticas del país*. XXIV SNES, Pág. 143-145.
20. **Fitch J.**, (2002). *Procedimientos para determinar el valor de la vivienda en el área Metropolitana de Monterrey: a partir del confort térmico*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis de Maestría.
21. **Gallindo E., Cifuentes G.**, (1996). *Irradiación solar en la República Mexicana*. Ed. PUE. Instituto de Geofísica UNAM.
22. **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 D.F.
23. **Gómez-Muñoz V., Porta-Gándara M., Heard C.**, (2003). *Solar performance of hemispherical vault roofs*. Building and Environment, vol. 38, 1431-1438.
24. **Hinojosa J., Cabanillas, R.**, (1994). *Generación de un año climatológico típico para Hermosillo, Sonora, México*. ANES, pp. 329-333
25. **Kummert M.**, (2003-2004). *Asesorías en la utilización del software TRNSYS vía correo electrónico*. Departamento de ventas, Madison, Wisconsin. <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>
26. **Kusuda T.** (2001), *Building environment simulation before desk top computers in the USA through a personal memory*, Energy & Buildings, Vol. 33 (pp. 201-302)
27. **Labaki L., Kowaltowski D.**, (1997). *Bioclimatic and vernacular architecture for Building and Environment*, vol. 33, 1, 63-77.
28. **López F.**, (1993). *Arquitectura Vernácula en México*. 3ª ed., Ed. Trillas, México D.F.
29. **Morillón D., Bojórquez, G.**, *Programas de computo para modelado térmico de edificios*.
30. **NREL**, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley Solar Group, Passive Solar Industries Council, (1996) Energy-10 Manual.
31. **Ochoa J. Y Marincic I.**, (2003). *Evaluación Energética de Tres Viviendas en Ambientes Desérticos Urbanos*. XXVII, SNES, WERE 01-41, Pág. 149-153.
32. **Ochoa J.**, (1990). *Análisis bioclimático de la arquitectura vernácula en Ocotepc, Morelos*. Instituto de Investigaciones en materiales, Laboratorio de Energía Solar. Tesina Maestría en Heliodiseño.
33. **Olgay V.**, (1963). *Arquitectura y clima: Manuela de diseño para arquitectos y urbanistas*. Traducción: Frontado, Josefina Clavet, Luis. 1ra versión en castellano, Ed. GG, Barcelona, España.
34. **Porta-Gándara M., Rubio E. y Fernández J.**, (2001). *Economic Feasibility of Passive Ambient Comfort in Baja California Dwellings*. Building and Environment, Vol. 37, Num. 10, Pág. 993-1001.
35. **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.
36. **Reséndiz M., Velázquez, A., Poujol, F., y Sierra, I.**, (2002). *Técnicas Alternativas para la construcción de Viviendas de Interés Social*. XXVI SNES, ERE 01-25, Pág. 109.
37. **Reynolds J.**, (1992-1996). *Enfriamiento Pasivo y Patios en Colima*. Universidad de Oregon.
38. **Solar Energy Laboratory.** (Marzo 2000), *Manual de referencia TRNSYS 15, Volumen 1*. University of Madison – Wisconsin, USA.
39. **Solar Energy Laboratory.** (2000), *Manual Introduction to TRNSYS with IISIBAT, Volumen 3*. University of Madison – Wisconsin, USA.

40. **Solar Energy Laboratory.** (2000), *Manual IISIBATH, Volumen 3.* University of Madison – Wisconsin, USA.
41. **Tamayo J.,** (1976). *Atlas del Agua de la República Mexicana.* Sria. de Recursos Hidráulicos.
42. **Taylor J.,** (1984). *Arquitectura Anónima: una Visión Cultural a los Principios Prácticos del Diseño.* 1ª ed., Ed. Stylos S.A., Barcelona, España
43. **TRNSSOLAR.** (2000) *Manual PREBID Versión 4.0.,* Energietechnik GmbH, Alemania.
44. **Tudela F.,** (1982). *Ecodiseño.* Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
45. **Unidad del Servicio Meteorológico Nacional,** (1961-1990). *Normales Climatológicas.* Instituto de ciencias de la Atmósfera – UNAM, México D.F.
46. **Velasco F.,** (1999). *Estudio comparativo de dos modelos de simulación numérica para el diseño térmico de edificios en la república mexicana.* Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco.
47. **Werner B.,** (1999). *Patios, 5000 Años de Evolución, desde la Antigüedad hasta Nuestros Días.* Ed. Gustavo Gilli, Barcelona, España.
48. **Zambada J.,** (2000). *La arquitectura vernácula en la región del mayo.* Trabajo de diplomado en diseño bioclimático, ITLM, Los Mochis, Sin, México.

Referencias electrónicas

49. Enciclopedia Microsoft Encarta 2002. 1993-2001 Microsoft Corporation
50. <http://www.villegaseditores.com/libro.asp?ISBN=9589138853>
51. <http://www.cfomex.com/urba/arquiverna.htm> Martín J.
52. <http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES>
53. <http://www.icomos.org/ciav/>
54. <http://anuies.mx> Niño B.
55. http://periferia.org/publications/sb_regionalista.htm Latour H.
56. <http://www.cna.gob.mx/cnca/nuevo/diarias/080699/arquitec.html>
57. <http://www.mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español>
58. http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/
59. http://groupepedatiment.rncan.qc.ca/software/software_e.html
60. <http://simulationresearch.ibl.gov>
61. <http://www.flovent.com>
62. <http://www.frameplus.net>
63. <http://www.unige.ch/cuepe/enercad/>
64. <http://www.item.com/doesplus.htm>
65. <http://www.fisica.uson.mx/carlos/MapasClima/>
66. <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?na+s01#s01>
67. <http://www.infonavit.gob.mx>
68. <http://www.acipco.com/internacional/sitemap.cfm>
69. <http://www.algonet.se/~sirius/eaee.htm>
70. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm#El%20cuerpo%20negro>

Mi dirección de correo electrónico: alecarrazco@yahoo.com.mx

ANEXO 1

Funcionamiento de TRNSYS 15 with IISIBAT 3

1.1 Funcionamiento de Trnsys 15 with iisibat 3

TRNSYS es un programa de simulación desarrollado por el Laboratorio de Energía Solar de Wisconsin para sistemas en estado transitorio. Este programa tiene una estructura modular lo cual le permite hacer simulaciones del comportamiento térmico de un gran número de proyectos, tales como colectores solares, muros de almacenamiento térmico, edificios residenciales y no residenciales, invernaderos, inclusive también se pueden hacer simulaciones de requerimientos de energía de equipos de aire acondicionado y calefacción, y realizar una estimación económica del consumo de energía del proyecto. Este programa es adecuado para simular sistemas cuyo comportamiento depende del tiempo.

En TRNSYS, un sistema se define por medio de componentes, es decir, de módulos interconectados de tal manera que completan un evento específico en el cual el rendimiento o el funcionamiento de cada uno de los componentes llamados Types, dependerá de los datos introducidos llamados outputs e inputs (ver figura 30). Estos últimos, se dividen en dos partes:

- **Inputs:** son datos que cambian con el curso de la simulación (Ángulos de radiación, temperatura, etc.).
- **Parameters:** son inputs que no cambian con el tiempo (valores constantes como la latitud, el espesor de un muro, etc.).

Los outputs son los datos que se generan en el Módulo y sirven como inputs para otro. Entonces, podemos decir en conclusión de este concepto que los módulos o componentes se llaman Types y que cada uno tiene un número específico y que además está ligado a otro con sus respectivos datos de inputs y outputs para formar en conjunto un sistema.

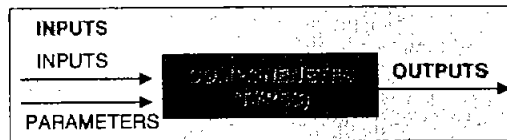


Figura 40. Esquema de flujo de información con Inputs y Outputs en IISIBAT.

Cada componente o Type, está relacionado por medio de ligas (como se observa en la figura 34) las cuales contienen la información especificada y que van conectadas a las inputs de otros types (ver figura 35).

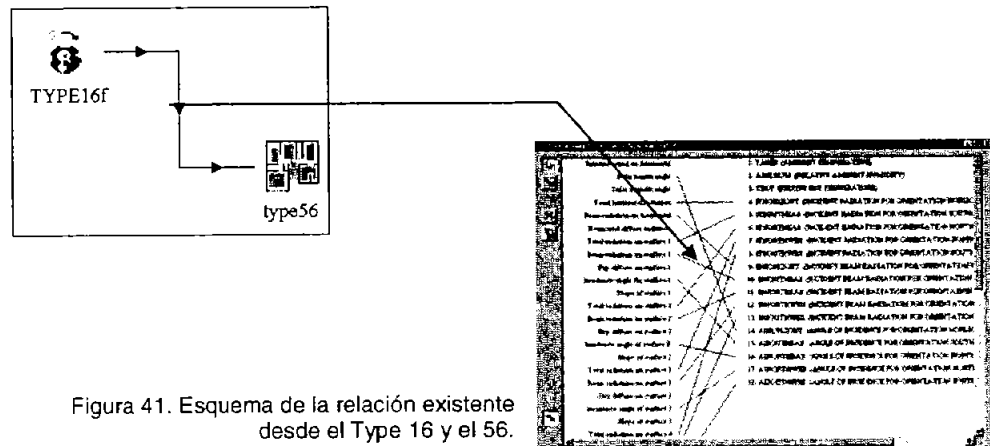


Figura 41. Esquema de la relación existente desde el Type 16 y el 56.

TRNSYS tiene varios programas complementarios en los cuales se pueden realizar acciones diferentes como es el caso de PREBID que es para introducir todos los datos acerca del edificio, es el modo mas detallado y puede simular varias zonas a la vez generando los archivos utilizables por el Type 56 para correr la simulación. Otro programa llamado IISIBAT, es una interfaz gráfica en la cual los componentes son

iconos representados por imágenes (ver Figura 36), desde aquí, una vez especificados los datos de todos los Types con sus respectivos inputs y outputs y una descripción matemática para cada uno sea dada, se generará la información del flujo para posteriormente correr la simulación.

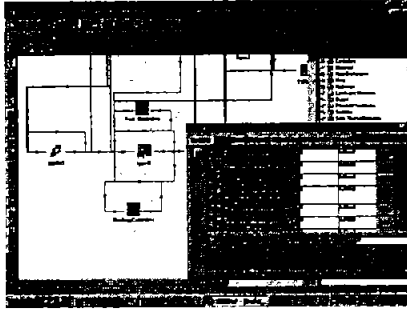


Figura 42. Interfase de IISIBAT

1.2 Componentes específicos de Trnsys 15

Como se mencionó en párrafos anteriores en TRNSYS existen componentes y cada uno a su vez se divide en otros llamados Types, a continuación se mencionan los componentes principales (específicos):

- Subrutinas de Utilidad
- Colectores solares
- Almacenamiento Térmico
- Controladores
- Hidráulicos
- Enfriamiento y calefacción auxiliar
- Intercambiadores de calor
- Estructuras y cargas del edificio
- Fenómenos físicos
- Salidas (Ploters y graficadores)
- Componentes eléctricos

La simulación puede ser ejecutada una vez que:

- Todos los componentes necesarios hayan sido localizados en el panel de IISIBAT
- Los parámetros y valores iniciales se definan para cada componente
- Existan las ligas necesarias entre todos los componentes y las conexiones internas de las salidas (outputs), sean conectadas con las entradas (inputs) del otro componente y viceversa.

1.3 Introducción de datos en Prebid

Debido a la complejidad de un edificio multizonas (Type 56), los parámetros del Type 56 no se definen directamente en el archivo de entrada de TRNSYS, por lo tanto, dos archivos se asignan y contienen la información requerida, el la descripción del edificio (*.BDL) y la función de transferencia para muros ASHRAE (*.TRN). PREBID ha sido desarrollado para proveer una herramienta más fácil para crear estos archivos, empezando con información básica acerca del proyecto, el usuario describe y crea cada zona térmica. Finalmente se seleccionan las salidas que se deseen. Todos los datos introducidos son guardados en un archivo llamado building (*.BUI), un archivo legible en código ASCII, y el cual puede verse en un procesador de texto.

En el programa de PREBID se introducen datos acerca desde la estructura (muros, ventanas y puertas), propiedades de cada zona como la temperatura y humedad inicial, ganancias por ocupación (equipo, iluminación y personas), el programa da opciones de anexar la orientación, el tipo de muro, materiales y si es

adyacente, exterior o con condiciones de frontera, así como los coeficientes de convección y emisividad de las superficies entre otros (ver figuras 37 y 38).

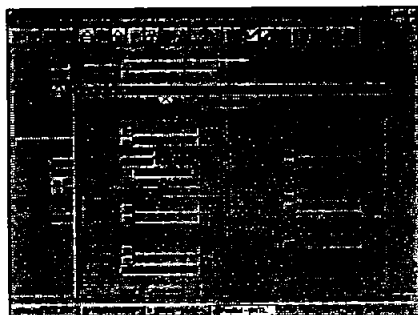


Figura 43. Detallando zona íntima de la vivienda vernácula.

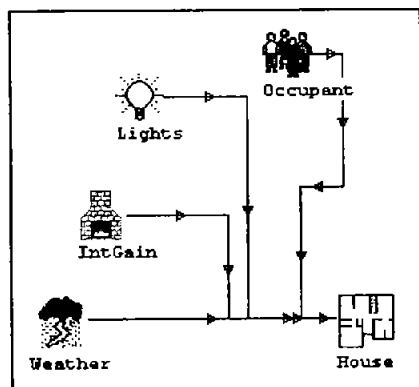


Figura 44. Esquema de las cargas térmicas que se contemplan en la simulación térmica de un edificio en TRNSYS.

1.4 Especificaciones generales

- Las paredes son modeladas de acuerdo al método de función de transferencia o factores de respuesta que puede ser descrito como la historia térmica de la pared. Este cálculo es con relación a los avances de Mitalas y Arsenault²⁶ definiendo de superficie a superficie (ecuaciones en serie), los cuales se determinan dentro de PREBID.
- Las ventanas son consideradas como una pared exterior sin masa térmica, parcialmente transparente a la radiación solar pero opaca a las ondas largas de ganancias internas.
- Los valores de Infiltración y ventilación se dan en términos de cambios de aire por hora en cada zona. El flujo másico es producto del volumen de aire de la zona, densidad del aire y cambios de aire. La infiltración ocurre siempre de condiciones del exterior mientras que la ventilación puede ocurrir con una específica temperatura y humedad o calidad de aire si así se desea.
- Los datos de operación en cuanto a iluminación, personas, ventilación, infiltración y ganancias por equipo eléctrico pueden especificarse por medio de rutinas de operación horarias (Schedules), se consideran los distintos días y horas en que el edificio va a funcionar (vacaciones, noche, mañanas, tardes, etc.).
- El sistema que usa el programa es el sistema Internacional de unidades.

ANEXO 2

Bioclimática 2.inf

Archivo de datos introducidos en el detallado del edificio en PREBID 5.0.8 (Vivienda con adecuación bioclimática)

```
*****
*****
* PreBid 5.0.8
*****
*****
* BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
* FOR BUILDING: C:\trnsys15\BIOCLIMÁTICA2.inf
* GET BY WORKING WITH PreBid 5.0 for Windows
*****
*****
*
*
-----
* Comments
-----
*
-----
* Project
-----
*
++++ PROJECT
++++ TITLE=BIOCLIMÁTICA1
++++ DESCRIPTION=VISB
++++ CREATED=ARQ. ALE CARRAZCO
++++ ADDRESS=AJUSCO 52, INT 8
++++ CITY=MEX DF, 01030
++++ SWITCH=UNDEFINED
*
-----
* Properties
-----
*
PROPERTIES
DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 : RTEMP=293.15
*
*****
*****
TYPES
*****
*****
*
*
-----
* Layers
-----
*
LAYER B2TAB
RESISTANCE= 0.2402
LAYER PTAMBOR
RESISTANCE= 0.1714
LAYER LOSAVERB1
RESISTANCE= 1.4182
*
-----
* Inputs
-----
*
-----
```

*-----

* Schedules

*-----

SCHEDULE OCUPSPB1
HOURS =0.0 7.0 8.0 13.0 15.0 20.0 21.0 24.0
VALUES=0 3. 1. 4. 1. 4. 0 0
SCHEDULE OCUPIB1
HOURS =0.0 7.0 8.0 13.0 15.0 20.0 24.0
VALUES=1. 0.5 0.25 0.25 0 1. 1.
SCHEDULE SCHED001
HOURS =0.0 7.0 8.0 16.0 21.0 24.0
VALUES=0 2. 0 2. 0 0
SCHEDULE BILUMAPEN
HOURS =0.0 6.0 8.0 18.0 21.0 24.0
VALUES=0 1. 0 1. 0 0
SCHEDULE SCHED002
HOURS =0.0 13.0 16.0 20.0 22.0 24.0
VALUES=0 1. 0 1. 0 0
SCHEDULE SCVERANORE
HOURS =0.0 7.0 10.0 12.0 13.50 15.0 17.0 21.0 24.0
VALUES=5. 8. 10. 5. 7. 5. 10. 5. 5.
SCHEDULE VERANOSALA
HOURS =0.0 8.0 12.0 17.0 21.0 24.0
VALUES=5. 12. 6. 14. 5. 5.

*-----

* Walls

*-----

WALL BZ11
LAYERS = B2TAB
THICKNESS= 0
ABS-FRONT= 0.4 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 64
WALL PUERTAMBOR
LAYERS = PTAMBOR
THICKNESS= 0
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 64
WALL LOSAVERB1
LAYERS = LOSAVERB1
THICKNESS= 0
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.1
HFRONT = 11 : HBACK= 64

*-----

* Windows

*-----

WINDOW DBLELOWE
WINID=4001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=0.77 :
WHEIG=1.08 : FFRAME=0.15 : UFRAME=8.17 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 :
REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.1 ; ;
CCISHADE=0.5
WINDOW POSTIGOU1
WINID=2001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=0.77 :
WHEIG=1.08 : FFRAME=0.15 : UFRAME=4.02 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 :
REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.5 ; ;
CCISHADE=0.5

```

*
-----
* Default Gains
*
-----
GAIN PERS_ISO04
CONVECTIVE=180 : RADIATIVE=90 : HUMIDITY=0.11
GAIN LIGHT02_01
CONVECTIVE=SCHEDULE 536.26*SCHED001 : RADIATIVE=SCHEDULE 229.82*SCHED001 :
HUMIDITY=0
GAIN COMPUTER03
CONVECTIVE=420 : RADIATIVE=84 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT02_02
CONVECTIVE=731.56 : RADIATIVE=313.52 : HUMIDITY=0
*
-----
* Other Gains
*
-----
*
-----
* Comfort
*
-----
COMFORT CONFORTB1
CLOTHING=0.9 : MET=1.2 : WORK=0 : VELOCITY=0.1
*
-----
* Infiltration
*
-----
INFILTRATION VERANO
AIRCHANGE=SCHEDULE 1*SCVERANORE
INFILTRATION VERANOSALA
AIRCHANGE=SCHEDULE 1*VERANOSALA
*
-----
* Ventilation
*
-----
VENTILATION VENT012
TEMPERATURE=OUTSIDE
AIRCHANGE=0
HUMIDITY=OUTSIDE
*
-----
* Cooling
*
-----
*
-----
* Heating
*
-----
*
-----
* Zones
*
-----
ZONES INTIMAB1 SEPUBLB1

```


*-----
* Orientations
*-----

ORIENTATIONS SOUTH WEST HORIZONTAL NORTHEAST NORTHWEST SOUTHEAST
SOUTHWEST

*-----
*+++++
*+++++
*+++++
BUILDING
*+++++
*+++++
*+++++
*-----

* Zone INTIMAB1 / Airnode INTIMAB1
*-----

ZONE INTIMAB1
AIRNODE INTIMAB1
WALL =BZI1 : SURF= 1 : AREA= 11.42 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.05
WALL =BZI1 : SURF= 2 : AREA= 16.29 : ADJACENT=SEPUBLB1 : FRONT
WALL =BZI1 : SURF= 4 : AREA= 3.78 : ADJACENT=SEPUBLB1 : FRONT
WALL =BZI1 : SURF= 6 : AREA= 11.42 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.1
WALL =BZI1 : SURF= 7 : AREA= 14.58 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.15
WINDOW=POSTIGOU1 : SURF= 18 : AREA= 2.52 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST :
FSKY=0.5
WALL =BZI1 : SURF= 9 : AREA= 16.98 : INTERNAL
WALL =LOSAVERB1 : SURF= 10 : AREA= 21.28 : EXTERNAL : ORI=HORIZONTAL :
FSKY=0.5 : GEOSURF=0.7
REGIME
GAIN = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*OCUPIB1
GAIN = LIGHT02_01 : SCALE= SCHEDULE 1*BILUMAPEN
COMFORT = CONFORTB1
INFILTRATION= VERANO
VENTILATION = VENT012
CAPACITANCE = 71.71 : VOLUME= 59.76 : TINITIAL= 20 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 5
*-----

* Zone SEPUBLB1 / Airnode SEPUBLB1
*-----

ZONE SEPUBLB1
AIRNODE SEPUBLB1
WALL =BZI1 : SURF= 3 : AREA= 16.29 : ADJACENT=INTIMAB1 : BACK
WALL =BZI1 : SURF= 5 : AREA= 3.78 : ADJACENT=INTIMAB1 : BACK
WALL =BZI1 : SURF= 11 : AREA= 7.21 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.02
WINDOW=DBLELOWE : SURF= 12 : AREA= 0.24 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST :
FSKY=0.5 : ISHADE=0.5 : ESHADE=0.5
WALL =BZI1 : SURF= 13 : AREA= 7.14 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.025
WALL =BZI1 : SURF= 14 : AREA= 0.9 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.025
WALL =BZI1 : SURF= 15 : AREA= 1.44 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5 :
GEOSURF=0.03

WALL =BZI1 : SURF= 16 : AREA= 5.46 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5 :
 GEOSURF=0.1
 WALL =BZI1 : SURF= 17 : AREA= 6.53 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5 :
 GEOSURF=0.07
 WINDOW=POSTIGOU1 : SURF= 25 : AREA= 1.89 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST :
 FSKY=0.5
 WALL =BZI1 : SURF= 19 : AREA= 18.024 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST : FSKY=0.5
 WALL =PUERTAMBOR : SURF= 21 : AREA= 1.89 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST :
 FSKY=0.5 : GEOSURF=0.03
 WALL =PUERTAMBOR : SURF= 22 : AREA= 2.1 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
 WALL =PUERTAMBOR : SURF= 23 : AREA= 3.78 : INTERNAL
 WALL =BZI1 : SURF= 24 : AREA= 25.76 : INTERNAL
 WALL =LOSAVERB1 : SURF= 20 : AREA= 29.03 : EXTERNAL : ORI=HORIZONTAL :
 FSKY=0.5 : GEOSURF=0.7
 REGIME
 GAIN = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*OCUPSPB1
 GAIN = COMPUTER03 : SCALE= SCHEDULE 1*SCHED002
 GAIN = LIGHT02_02 : SCALE= SCHEDULE 1*BILUMAPEN
 COMFORT = CONFORTB1
 INFILTRATION= VERANOSALA
 VENTILATION = VENT012
 CAPACITANCE = 85.82 : VOLUME= 71.52 : TINITIAL= 20 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 5

* Outputs

OUTPUTS

TRANSFER : TIMEBASE=1.000
 AIRNODES = INTIMAB1 SEPUBLB1
 NTYPES = 1 : TAIR air temperature of zone
 = 9 : RELHUM relativ humidity of zone air
 = 10 : QLATD latent energy demand of zone, humidification(-), dehumidification (+)
 = 11 : QLATG latent energy gains including ventilation, infiltration, couplings, internal latent
 Gains and vapor adsorbtion in walls
 = 12 : QSOLTR total shortwave solar radiation transmitted through external windows of zone
 (but not kept 100 % in Zone)
 = 4 : QINF sensible infiltration energy gain of zone
 = 5 : QVENT sensible ventilation energy gain of zone

* End

END

***** WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS *****

----- WALL TYPE BZI1 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 4.16320 kJ/h m2K; k-Wert= 0.96645 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	4.1631974E+00	4.1631974E+00	4.1631974E+00	1.0000000E+00
SUM	4.1631974E+00	4.1631974E+00	4.1631974E+00	1.0000000E+00

----- WALL TYPE PUERTAMBOR -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 5.83431 kJ/h m2K; k-Wert= 1.27058 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	5.8343059E+00	5.8343059E+00	5.8343059E+00	1.0000000E+00
SUM	5.8343059E+00	5.8343059E+00	5.8343059E+00	1.0000000E+00

----- WALL TYPE LOSAVERB1 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 0.70512 kJ/h m2K; k-Wert= 0.18955 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	7.0511916E-01	7.0511916E-01	7.0511916E-01	1.0000000E+00
SUM	7.0511916E-01	7.0511916E-01	7.0511916E-01	1.0000000E+00

***** REQUIRED INPUTS *****

*InpNR Label UNIT INPUT DESCRIPTION

- * 1 TAMB °C AMBIENT TEMPERATURE
- * 2 ARELHUM % RELATIVE AMBIENT HUMIDITY
- * 3 TSKY °C FIKTIVE SKY TEMPERATURE
- * 4 ITSOUTH kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
- * 5 ITWEST kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST
- * 6 ITHORIZONTAL kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 7 ITNORTHEAS kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
- * 8 ITNORTHWES kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST
- * 9 ITSOUTHEAS kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
- * 10 ITSOUTHWES kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST
- * 11 IBSOUTH kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
- * 12 IBWEST kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST
- * 13 IBHORIZONTAL kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 14 IBNORTHEAS kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
- * 15 IBNORTHWES kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST
- * 16 IBSOUTHEAS kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
- * 17 IBSOUTHWES kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST
- * 18 AISOUTH ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH
- * 19 AIWEST ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST
- * 20 AIHORIZONTAL ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 21 AINORTHEAS ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST
- * 22 AINORTHWES ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST
- * 23 AISOUTHEAS ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST
- * 24 AISOUTHWES ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST

***** DESIRED OUTPUTS *****

*OutNr	Label	Unit	ZNr Zone	Surface	OUTPUT DESCRIPTION
* 1	TAIR 1	°C	1 INTIMAB1		air temperature of zone
* 2	TAIR 2	°C	2 SEPUBLB1		air temperature of zone
* 3	RELHUM 1	%	1 INTIMAB1		relativ humidity of zone air
* 4	RELHUM 2	%	2 SEPUBLB1		relativ humidity of zone air
* 5	QLATD 1	kJ/h	1 INTIMAB1		lat. energy demand of zone, humidif.(-), dehumidif.(+)
* 6	QLATD 2	kJ/h	2 SEPUBLB1		lat. energy demand of zone, humidif.(-), dehumidif.(+)
* 7	QLATG 1	kJ/h	1 INTIMAB1		latent energy gains incl. vent, inf, coupl and gains
* 8	QLATG 2	kJ/h	2 SEPUBLB1		latent energy gains incl. vent, inf, coupl and gains
* 9	QSOLTR 1	kJ/h	1 INTIMAB1		total s-wave solar radiation through ext. windows of zone (but not kept 100 % in Zone)
* 10	QSOLTR 2	kJ/h	2 SEPUBLB1		total s-wave solar radiation through ext. windows of zone (but not kept 100 % in Zone)
* 11	QINF 1	kJ/h	1 INTIMAB1		sens. infiltration energy gain of zone
* 12	QINF 2	kJ/h	2 SEPUBLB1		sens. infiltration energy gain of zone
* 13	QVENT 1	kJ/h	1 INTIMAB1		sens. ventilation energy gain of zone
* 14	QVENT 2	kJ/h	2 SEPUBLB1		sens. ventilation energy gain of zone

*** THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES ***

WALL BZ11	k-Wert=	0.966 W/m2K
WALL PUERTAMBOR	k-Wert=	1.271 W/m2K
WALL LOSAVERB1	k-Wert=	0.190 W/m2K

ANEXO 3

Bio2abc.lst

Archivo de salida de la información introducida en el detallado de la simulación en el panel de IISIBAT 3.00.26 (Vivienda con adecuación bioclimática)

1 TRNSYS - A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM
 FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
 VERSION 15 Feb. 2000

ASSIGN BIO2abc.LST 6

*** Control cards

* START, STOP and STEP

CONSTANTS 3

START=0

STOP=8760

STEP=1

* User defined CONSTANTS

*SIMULATION Start time End time Time step

SIMULATION 0.000E+00 8.760E+03 1.000E+00

* Integration Convergence

TOLERANCES 1.000E-03 1.000E-03

* Max iterations Max warnings Trace limit

LIMITS 30 30 31

* TRNSYS numerical integration solver method

DFQ 1

* TRNSYS output file width, number of characters

WIDTH 80

* NOLIST statement

LIST

* MAP statement

MAP

* Solver statement

SOLVER 0

*** Units

* Model "TYPE89b-3" (Type 89)

UNIT 1 TYPE 89 TYPE89b-3

*\$UNIT_NAME TYPE89b-3

*\$MODEL .Utility\Weather and Other Data Readers\Standard Weather File Types\Tmy2\Simulation
 Start is first line\TYPE89b.tmf

*\$POSITION 61 221

*\$LAYER Main

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

PARAMETERS 2

* 1 Mode

* 2 Logical unit

2.000E+00 1.300E+01

*** External files

*|? Which file contains the TMY2 weather information? |1000

* Model "type56w outf-2" (Type 56)

UNIT 2 TYPE 56 type56w outf-2

*\$UNIT_NAME type56w outf-2

*\$MODEL \Loads and Structures\Multi-Zone Building\type56w_outfiles.tmf

*\$POSITION 339 370

*\$LAYER Main

*\$#

PARAMETERS 8

* 1 Logical unit for description file

* 2 Logical unit for transfer function file

* 3 Logical unit for window library

* 4 Star network calculation switch

* 5 Weighting factor for operative temperature

* 6 Logical unit for monthly summary

* 7 Logical unit for hourly temperatures

* 8 Logical unit for heating/cooling demand

2.600E+01 2.700E+01 2.800E+01 1.000E+00 5.000E-01

2.200E+01 2.900E+01 3.000E+01

INPUTS 24

* TYPE89b-3:Dew point temperature -> 1- TAMB (AMBIENT TEMPERATURE)

* TYPE89b-3:Percent relative humidity -> 2- ARELHUM (RELATIVE AMBIENT HUMIDITY)

* TYPE69b-2:Fictive sky temperature -> 3- TSKY (FIKTIVE SKY TEMPERATURE)

* TYPE16e:Total radiation on surface 1 -> 4- ITSOUTH (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)

* TYPE16e:Total radiation on surface 2 -> 5- ITWEST (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST)

* TYPE16e:Total horizontal radiation -> 6- ITHORIZONTAL (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL)

* TYPE16e:Total radiation on surface 3 -> 7- ITNORTHEAS (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)

* TYPE16e:Total radiation on surface 4 -> 8- ITNORTHWES (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)

* TYPE16e:Total radiation on surface 5 -> 9- ITSOUTHEAS (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)

* TYPE16e:Total radiation on surface 6 -> 10- ITSOUTHWES (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 1 -> 11- IBSOUTH (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 2 -> 12- IBWEST (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST)

* TYPE16e:Beam radiation on horizontal -> 13- IBHORIZONTAL (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 3 -> 14- IBNORTHEAS (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 4 -> 15- IBNORTHWES (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 5 -> 16- IBSOUTHEAS (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)

* TYPE16e:Beam radiation on surface 6 -> 17- IBSOUTHWES (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)

* TYPE16e:Incidence angle for surface 1 -> 18- AISOUTH (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)

* TYPE16e:Incidence angle of surface 2 -> 19- AIWEST (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)

* TYPE16e:Solar zenith angle -> 20- AIHORIZONTAL (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL)

* TYPE16e:Incidence angle of surface 3 -> 21- AINORTHEAS (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST)
 * TYPE16e:Incidence angle of surface 4 -> 22- AINORTHWES (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST)
 * TYPE16e:Incidence angle of surface 5 -> 23- AISOUTHEAS (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
 * TYPE16e:Incidence angle of surface 6 -> 24- AISOUTHWES (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST)

1,9	1,10	4,1	5,7	5,12
5,4	5,17	5,22	5,27	5,32
5,8	5,13	5,5	5,18	5,23
5,28	5,33	5,10	5,15	5,2
5,20	5,25	5,30	5,35	

*** INITIAL INPUT VALUES

0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

*** External files

ASSIGN C:\trnsys15\BIOCLIMÁTICA2.bld 26
]? Which file contains the building description (.BLD)? |1000

ASSIGN C:\trnsys15\BIOCLIMÁTICA2.trn 27
]? Which file contains the transfer function iformation (.TRN)? |1000

ASSIGN C:\trnsys15\prebid\Lib\American\W4-lib.dat 28
 *]? Which file contains the window library for TYPE 56? |1000

ASSIGN C:\trnsys15\bio2a.out 22
 *]? Where to store the monthly summary ? |1000

ASSIGN C:\trnsys15\bio2b.out 29
 *]? Where to store the hourly summery ? |1000

ASSIGN C:\trnsys15\bio2c.out 30
 *]? Where to store the heating/cooling demands ? |1000

 * Model "TYPE33e" (Type 33)

UNIT 3 TYPE 33 TYPE33e

*\$UNIT_NAME TYPE33e

*\$MODEL \Physical Phenomena\Thermodynamic Properties\Pychrometrics\Dry Bulb and Relative Humidity Known\TYPE33e.tmf

*\$POSITION 163 370

*\$LAYER Main

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

PARAMETERS 4

* 1 Psychrometrics mode

* 2 Pressure

* 3 Wet bulb mode

* 4 Error mode

2.000E+00 1.000E+00 1.000E+00 2.000E+00

INPUTS 2

* TYPE89b-3: Dry bulb temperature -> Dry bulb temp.

* TYPE89b-3: Percent relative humidity -> Percent relative humidity

1,5 1,10

*** INITIAL INPUT VALUES
2.500E+01 5.000E+01

* Model "TYPE69b-2" (Type 69)

UNIT 4 TYPE 69 TYPE69b-2

*\$UNIT_NAME TYPE69b-2

*\$MODEL .\Physical Phenomena\Sky Temperature\calculate cloudiness factor\TYPE69b.tmf

*\$POSITION 339 178

*\$LAYER Main

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

*\$#

PARAMETERS 2

* 1 mode for cloudiness factor

* 2 height over sea level

0.000E+00 4.000E+01

INPUTS 5

* TYPE89b-3: Dry bulb temperature -> Ambient temperature

* TYPE33e: Dew point temperature. -> Dew point temperature at ambient conditions

* TYPE16e: Beam radiation on horizontal -> Beam radiation on the horizontal

* TYPE89b-3: Diffuse radiation on horizontal -> Diffuse radiation on the horizontal

* [unconnected] not used with this mode

1,5 3,8 5,5 1,11 CONST

*** INITIAL INPUT VALUES

0.000E+00 2.000E+01 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

* Model "TYPE16e" (Type 16)

UNIT 5 TYPE 16 TYPE16e

*\$UNIT_NAME TYPE16e

*\$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Beam and Diffuse Known (Mode=3)\No
Radiation Smoothing\TYPE16e.tmf

*\$POSITION 163 114

*\$LAYER Main

*\$#

*\$#

*\$#

PARAMETERS 9

* 1 Horiz. radiation mode

* 2 Tracking mode

* 3 Tilted surface mode

* 4 Starting day

* 5 Latitude

* 6 Solar constant

* 7 Shift in solar time

* 8 Not used

* 9 Solar time?

3.000E+00 1.000E+00 1.000E+00 1.000E+00 2.480E+01

4.871E+03 -1.000E+00 2.000E+00 1.000E+00

INPUTS 17

* [unconnected] Beam radiation on horizontal1

```

* TYPE89b-3:Diffuse radiation on horizontal ->Diffuse radiation on horizontal
* TYPE89b-3:Time of last read ->Time of last data read
* TYPE89b-3:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface-1
* [unconnected] Azimuth of surface-1
* [unconnected] Slope of surface-2
* [unconnected] Azimuth of surface-2
* [unconnected] Slope of surface-3
* [unconnected] Azimuth of surface-3
* [unconnected] Slope of surface-4
* [unconnected] Azimuth of surface-4
* [unconnected] Slope of surface-5
* [unconnected] Azimuth of surface-5
* [unconnected] Slope of surface-6
* [unconnected] Azimuth of surface-6
  CONST      1,11      1,99      1,100      CONST
  CONST      CONST    CONST    CONST    CONST
  CONST      CONST    CONST    CONST    CONST
  CONST      CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  2.000E-01
  9.000E+01  1.800E+02  9.000E+01  9.000E+01  9.000E+01
  -4.500E+01 9.000E+01  4.500E+01  9.000E+01 -1.350E+02
  9.000E+01  1.350E+02

```

```

* Model "TYPE65-2" (Type 65)

```

```

UNIT 6 TYPE 65 TYPE65-2

```

```

*$UNIT_NAME TYPE65-2

```

```

*$MODEL \Output\Online Plotter\TYPE65.tmf

```

```

*$POSITION 453 314

```

```

*$LAYER Outputs

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

*$$

```

```

PARAMETERS 10

```

```

* 1 Nb. of left-axis variables

```

```

* 2 Nb. of right-axis variables

```

```

* 3 Left axis minimum

```

```

* 4 Left axis maximum

```

```

* 5 Right axis minimum

```

```

* 6 Right axis maximum

```

```

* 7 Number of plots per simulation

```

```

* 8 X-axis gridpoints

```

```

* 9 Shut off Online w/o removing

```

```

* 10 Logical Unit for output file

```

```

  2.000E+00  2.000E+00  0.000E+00  5.000E+01  0.000E+00

```

```

  2.000E+03  1.000E+00  1.200E+01  0.000E+00 -1.000E+00

```

```

INPUTS 4

```

```

* type56w outf-2: 1- (air temperature of zone) TAIR 1 ->Left axis variable-1

```

```

* type56w outf-2: 2- (air temperature of zone) TAIR 2 ->Left axis variable-2

```

```

* type56w outf-2: 3- (relativ humidity of zone...) RELHUM 1 ->Right axis variable-1

```

```

* type56w outf-2: 4- (relativ humidity of zone...) RELHUM 2 ->Right axis variable-2

```

```

2,01      2,02      2,03      2,04
*** INITIAL INPUT VALUES
  Recámaras      Esta ncia      -      -
  LABELS 5
  C      kJ/hr
  Ganancias energía latente (kJ/hr)
  -
  ANUAL

*-----*
* EQUATIONS "Equa"
*
EQUATIONS 1
  StartDay = int(START/24)+1
*$UNIT_NAME Equa
*$LAYER Main
*$POSITION 282 57
*-----*
* Model "TYPE25a" (Type 25)
*
UNIT 8 TYPE 25 TYPE25a
*$UNIT_NAME TYPE25a
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 451 434
*$LAYER Outputs
*$$
*$$
*$$
*$$
*$$
*$$
*$$
*$$
*$$
PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
* 2 Start time
* 3 Stop time
* 4 Logical unit
* 5 Print TRNSYS units
* 6 Output format ""normal"" or ""SPREADSHEET""
  1.000E+00 0.000E+00 8.760E+03 1.700E+01 2.000E+00
  1.000E+00
INPUTS 4
* type56w outf-2: 1- (air temperature of zone) TAIR 1 ->Input to be printed-1
* type56w outf-2: 2- (air temperature of zone) TAIR 2 ->Input to be printed-2
* type56w outf-2: 3- (relativ humidity of zone...) RELHUM 1 ->Input to be printed-3
* type56w outf-2: 4- (relativ humidity of zone...) RELHUM 2 ->Input to be printed-4
  2,01      2,02      2,03      2,04
*** INITIAL INPUT VALUES
  t1      t2      h1      h2
*** External files

ASSIGN C:\trnsys15\bioabccalentar.plt 17
*]? Which file should contain the printed results? |1000
*-----*

```

END

TRANSIENT SIMULATION STARTING AT TIME = 0.000E+00
 STOPPING AT TIME = 8.760E+03
 TIMESTEP = 1
 DIFFERENTIAL EQUATION ERROR TOLERANCE = 1.000E-03
 ALGEBRAIC CONVERGENCE TOLERANCE = 1.000E-03
 1 TRNSYS COMPONENT OUTPUT MAP

UNIT 1 TYPE 89 UNIT/TYPE/INPUT

OUTPUT 9 2 56 1
 OUTPUT 10 2 56 2
 OUTPUT 5 3 33 1
 OUTPUT 10 3 33 2
 OUTPUT 5 4 69 1
 OUTPUT 11 4 69 4
 5 16 2
 OUTPUT 99 5 16 3
 OUTPUT100 5 16 4

UNIT 2 TYPE 56 UNIT/TYPE/INPUT

OUTPUT 1 6 65 1
 OUTPUT 2 6 65 2
 OUTPUT 3 6 65 3
 OUTPUT 4 6 65 4
 OUTPUT 1 8 25 1
 OUTPUT 2 8 25 2
 OUTPUT 3 8 25 3
 OUTPUT 4 8 25 4

UNIT 3 TYPE 33 UNIT/TYPE/INPUT

OUTPUT 8 4 69 2

UNIT 4 TYPE 69 UNIT/TYPE/INPUT

OUTPUT 1 2 56 3

UNIT 5 TYPE 16 UNIT/TYPE/INPUT

OUTPUT 7 2 56 4
 OUTPUT 12 2 56 5
 OUTPUT 4 2 56 6
 OUTPUT 17 2 56 7
 OUTPUT 22 2 56 8
 OUTPUT 27 2 56 9
 OUTPUT 32 2 56 10
 OUTPUT 8 2 56 11
 OUTPUT 13 2 56 12
 OUTPUT 5 2 56 13
 OUTPUT 18 2 56 14
 OUTPUT 23 2 56 15
 OUTPUT 28 2 56 16
 OUTPUT 33 2 56 17
 OUTPUT 10 2 56 18
 OUTPUT 15 2 56 19
 OUTPUT 2 2 56 20
 OUTPUT 20 2 56 21
 OUTPUT 25 2 56 22
 OUTPUT 30 2 56 23
 OUTPUT 35 2 56 24
 OUTPUT 5 4 69 3

UNIT 6 TYPE 65 UNIT/TYPE/INPUT

EQUATIONS UNIT/TYPE/INPUT

DIFFERENTIAL EQUATIONS SOLVED BY MODIFIED EULER

***** NOTE *****

UNIT 1 TYPE 89 DATA READER (TMY2 WEATHER FILE)

LOCATION: Culiacan (City)

TIME ZONE: 7 HOURS W

LATITUDE: 24.82 DEG LONGITUDE: 107.40 DEG W

ELEVATION: 39 M

HOURS OF TMY2 DATA ARE IN LOCAL STANDARD TIME, NOT SOLAR TIME.

BE SURE TO PERFORM RADIATION PROCESSING APPROPRIATELY.

SHIFT IN SOLAR TIME HOUR ANGLE (L_STANDARD - L_LOCAL): -2.40 DEG

TYPE56: ACTIVE LAYERS AND INTERNAL WINDOW CALCULATIONS INTEGRATED

5 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 4, TYPE 69 ENDING AT 6

20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 5, TYPE 16 ENDING AT 26

	HR	MIN	SEC
Start-Time:	14	3	52.46
End-Time:	14	5	21.82
Total Execution Time:	0	1	29.36

***** WARNING *****

UNIT 1 TYPE 89 DATA READER

YOU HAVE EXHAUSTED YOUR DATA. DATA READING RE-STARTED FROM THE BEGINNING OF FILE.

TIME= 8760.00

UNIT	1 WAS CALLED	8762 TIMES
2	17511	
3	8762	
4	8762	
5	8762	
6	8763	
8	8761	

UNIT	# ITERATIVE CALLS
1	8762
2	17511
3	8762
4	8762
5	8762
* Total Iterative Component Calls = 70083	

1. INDICE DE TABLAS

	Página
Capítulo 2	
Tabla 1. Ciudades del noroeste de México con clima cálido seco y cálido muy seco.	14
Capítulo 4	
Tabla 2. Propiedades termo físicas de los materiales comúnmente usados en las viviendas de clima cálido seco.	32
Tabla 3. Patrón de uso en temporada cálida en la arquitectura vernácula. . .	33
Tabla 4. Patrón de uso en temporada fría en la arquitectura vernácula. . .	34
Capítulo 6	
Tabla 5. Estrategia de ventilación natural empleada en el proceso de simulación para época fría en la vivienda con adecuación bioclimática	63
Tabla 6. Estrategia de ventilación natural empleada en el proceso de simulación para época cálida en la vivienda con adecuación bioclimática	63

2. INDICE DE FIGURAS

	Página
Capítulo 2	
Figura 1. Mapa de climas en México.	13
Figura 2. Mapa del Noroeste de México.	13
Figura 3. Paisaje típico de climas cálido seco.	14
Figura 4. Carta bioclimática de V. Olgay adaptada para las condiciones de Culiacán Sin. En el mes de Junio.	18
Figura 5. Carta bioclimática de V. Olgay adaptada para las condiciones de Culiacán Sin. En el mes de Enero.	19
Figura 6. Diagrama de isorequerimientos horarios derivado del diagrama psicométrico de Olgay, para las condiciones climáticas de Culiacán, Sin.	19
Capítulo 3	
Figura 7. Vivienda vernácula (indígena) típica en el estado de Tabasco. . .	21
Figura 8. Fachada común de edificios de estilo vernácula con influencia española en México.	22
Figura 9. Vivienda vernácula (mestiza) típica en poblaciones del noroeste de México.	23
Figura 10. Edificación vernácula (mestiza) típica en ciudades del noroeste de México.	23

Capítulo 4

Figura 11. Postigos en fachada en vivienda moderna.	27
Figura 12. Estrategias de climatización de postigos; Enfriar, Calentar y Aislar.	27
Figura 13. Arcos como elemento de protección solar en la arquitectura mestiza.	27
Figura 14. Arcos como elemento de protección solar en el palacio municipal de El Fuerte, Sin.	28
Figura 15. Vegetación en entrada de una vivienda vernácula en Quilá, Sin.	28
Figura 16. Alturas en la vivienda indígena (izquierda) y mestiza (derecha).	29
Figura 17. Alturas alrededor de 3 m, (Quilá, Sin.).	29
Figura 18. Alturas hasta los 7.5 m (Quilá, Sin.).	29
Figura 19. Fotografía de un muro de adobe de 0.70m de espesor. La Tuna, Sin.	30
Figura 20. Sección de cortes en alzado y planta de sistema constructivo típico (indígena).	30
Figura 21. Corte de un muro de doble tabique con enjarre de adobe (alzado).	30
Figura 22. Corte de un muro de adobe de 0.75m (alzado).	31
Figura 23. Losa típica en la arquitectura mestiza.	31
Figura 24. Techumbre típica en la arquitectura indígena.	31
Figura 25. Aberturas al exterior en arquitectura mestiza. Vivienda mestiza en El Fuerte, Sin.	32
Figura 26. Emplazamiento del lote en la edificación indígena.	33
Figura 27. Emplazamiento del lote en la edificación mestiza.	33
Figura 28. Portales en un edificio de vivienda vernácula en El Fuerte, Sin.	34
Figura 29. Patio central en un edificio típico habitacional de la arquitectura mestiza.	34
Figura 30. Uso de la vegetación en un patio central de un edificio de hospedaje en El Fuerte, Sin.	35
Figura 31. Diferentes formas de conformación del patio central.	35

Capítulo 5

Figura 32. Vivienda Vernácula en el rancho "La Tuna" El Fuerte, Sin.	39
Figura 33. Vivienda típica de interés social, Fracc. Villa de Montesclaros, El Fuerte, Sin.	39
Figura 34. Equipo empleado en la medición de temperaturas y humedades.	40
Figura 35. Diagrama de relación de los componentes para la generación de un TMY en IISIBAT.	44
Figura 36. Diversas fotografías de la vivienda vernácula mestiza; de izquierda a derecha: Fachada, Entrada, patio central.	45
Figura 37. Planta arquitectónica de la edificación vernácula.	46
Figura 38. Planta arquitectónica de la vivienda de interés social.	47
Figura 39. Elevación de la vivienda de interés social.	47

Anexo 1

Figura 40. Esquema de flujo de información con Inputs y Outputs en IISIBAT.	74
Figura 41. Esquema de la relación existente desde el Type 16 y el 56.	74
Figura 42. Interfase de IISIBAT.	75
Figura 43. Detallando zona íntima de la vivienda vernácula.	76
Figura 44. Esquema de las cargas térmicas que se contemplan en la simulación térmica de un edificio en TRNSYS.	76

3. INDICE DE GRAFICAS

	Página
Introducción	
Gráfica 1. Crecimiento Demográfico 1970 – 2006.	5
Gráfica 2. Requerimiento promedio anual por tipo de vivienda.	6
 Capítulo 2	
Gráfica 3. Temperatura de ciudades de la tabla 1 del noroeste de México, BS y BW.	15
Gráfica 4. Temperaturas promedio mínimas, medias y máximas al mes en Culiacán Sin.	15
Gráfica 5. Valores promedio de precipitación para Culiacán, Sin.	15
Gráfica 6. Valores promedio de vientos en m/s y con dirección predominante Suroeste para Culiacán, Sin.	16
Gráfica 7. Valores promedio de radiación solar para Culiacán, Sin.	16
Gráfica 8. Valores promedio de Humedad relativa para Culiacán, Sin.	16
Gráfica 9. Variación del rango de confort para Culiacán Sin.	18
 Capítulo 5	
Gráfica 10. Comportamientos de temperaturas en condiciones del exterior e interior de la vivienda vernácula y la de interés social durante un periodo de un día (14-15 de Oct. 2003).	39
Gráfica 11. Comportamientos de temperatura y humedad en el patio central y en zona íntima (equipo 1).	41
Gráfica 12. Comparación de Temperaturas entre losa, espacio y esfera en zona íntima.	41
Gráfica 13. Temperatura de esfera vs losa vernácula en zona pública.	41
Gráfica 14. Temperaturas en las dos caras de un muro colindante a patio central.	42
Gráfica 15. Temperaturas en dos muros interiores en zona íntima VS la T del espacio.	42
Gráfica 16. Temperatura promedio diaria anual (bulbo seco) obtenidas por el archivo climatológico típico creado con "Meteonorm".	44
Gráfica 17. Humedades relativas (%) horarias obtenidas por el archivo climatológico típico creado con "Meteonorm".	45
Gráfica 18. Temperaturas promedio diarias en la vivienda vernácula al año.	48
Gráfica 19. Temperaturas promedio diarias de patio central VS el resto de espacios al año.	49
Gráfica 20. Temperaturas promedio mensuales de la vivienda vernácula. .	49
Gráfica 21. Temperaturas promedio diarias en la vivienda de interés social al año.	50
Gráfica 22. Temperaturas promedio mensuales en la vivienda de interés social al año.	50
Gráfica 23. Porcentaje de humedad relativa promedio anual en la vivienda vernácula.	51
Gráfica 24. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual en la vivienda vernácula.	51
Gráfica 25. Porcentaje de humedad relativa promedio diaria anual en la vivienda de interés social.	52
Gráfica 26. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual en la vivienda de interés social.	52
Gráfica 27. Ganancias térmicas por infiltración al año en la vivienda vernácula.	53
Gráfica 28. Ganancias térmicas por infiltración al año en la vivienda de interés social.	53

Gráfica 29. Ganancias térmicas de radiación a través de ventanas al año en la vivienda vernácula.	54
Gráfica 30. Ganancias térmicas por radiación a través de ventanas al año en la vivienda de interés social.	54
Gráfica 31. Ganancias de energía latente en la vivienda vernácula al año.	55
Gráfica 32. Ganancias de energía latente en la vivienda de interés social al año.	55
Gráfica 33. Comparación de temperaturas promedio V V-Vis contra zona confort térmico.	56
 Capítulo 6	
Gráfica 34. Temperatura promedio diaria anual en la vivienda con adecuación bioclimática.	59
Gráfica 35. Temperatura promedio mensual en la vivienda con adecuación bioclimática.	60
Gráfica 36. Humedad Relativa promedio diaria anual en la vivienda con adecuación bioclimática.	60
Gráfica 37. Humedad Relativa promedio mensual en la vivienda con adecuación bioclimática.	61
Gráfica 38. Ganancias térmicas por infiltración al año en la vivienda con adecuación bioclimática.	61
Gráfica 39. Ganancias térmicas de radiación a través de ventanas al año en la vivienda con adecuación bioclimática.	62
Gráfica 40. Ganancias de energía latente en la vivienda con adecuación bioclimática al año.	62
Gráfica 41. Comparación de temperaturas de viviendas simuladas (vernácula, interés social y bioclimática) vs. La zona de confort térmico. . .	64
 Conclusiones	
Gráfica 42. Porcentaje de temperaturas horarias durante un año de clima típico, dentro de la zona de confort.	67