



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**  
UNIDAD XOCHIMILCO

## **División de Ciencias y Artes para el Diseño**

Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño

Área de concentración: Sustentabilidad Ambiental

### **Estrategias bioclimáticas para vivienda de interés social construida en Veracruz**

Idónea Comunicación de Resultados para obtener el grado  
de Maestría

#### **PRESENTA:**

Arq. Nelia Laura Gómez Ibarra

#### **TUTOR:**

Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo

**Ciudad de México, Octubre 2018**



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**  
UNIDAD XOCHIMILCO

**División de Ciencias y Artes para el Diseño**

Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño

**Área de concentración: Sustentabilidad Ambiental**

**Estrategias bioclimáticas  
para vivienda de interés social construida en  
Veracruz**

Idónea Comunicación de Resultados para obtener  
el grado de Maestría

**PRESENTA:**

Arq. Nelia Laura Gómez Ibarra

**TUTOR:**

Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo

**LECTORES:**

Dra. Margarita Juárez Najera

Dr. Octavio Francisco González Castillo

**COORDINADOR DE ÁREA:**

Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo

**Ciudad de México, Octubre 2018**

# **Agradecimientos**



## **AGRADECIMIENTOS**

Hace dos años tenía un sueño, una meta de mi proyecto de vida por cumplir. En aquel entonces, me prometí afrontarla con toda responsabilidad en aras de no defraudar a mi familia, amigos y profesores que confiaban en mí. Hoy, ese sueño se ha hecho realidad.

*Gracias a mis padres por ser mi mayor inspiración, mi luz y guía; por estar ahí en todo momento, cerca o lejos; por el apoyo incondicional para cumplir mis sueños. Ustedes, son el motor impulsor de mi vida y el ejemplo a seguir; gracias por su amor infinito.*

*A mis abuelos paternos, que con su estrella me iluminan y tengo la certeza que estarían muy orgullosos y felices.*

*A mi familia que, a pesar de la distancia física, siempre estuvieron conmigo proporcionándome fuerzas, amor y cariño; porque sabían que estar lejos, ya era suficiente.*

*A mis amigos, por brindarme su apoyo ilimitado cuando más lo necesitaba.*

*A Raúl R. González y a Yadira M. Montero, gracias por estar siempre en cada minuto que los he necesitado a pesar de la distancia; por darme fuerzas en los momentos difíciles y motivarme para seguir adelante. Gracias por existir y demostrarme que todo es posible.*

*A mi tutor, el Dr. Alberto Cedeño, por confiar en mí, por su dedicación incondicional, comprensión, sabiduría, calidez humana y su amistad. Gracias por brindarme los valiosos conocimientos que permitieron mi formación como Maestra.*

*A Margarita Luna, por acogerme como una hija y mitigar con su amor mi sentimiento de añoranza por los que están lejos. Mis más sinceros agradecimientos por brindarme siempre su amor, cariño, ayuda y apoyo excepcional.*

*A José Gabriel Castro, Manuel Montañó y José Miguel por ser partícipes de este sueño desde el comienzo y por su apoyo en todo momento que lo he necesitado.*

*A Félix Alberto Fabela, por estar a mi lado. Gracias por su dedicación, apoyo y entrega incondicional en esta etapa tan importante de mi vida.*

*A mis lectores, profesores y coordinadora de la maestría por sus enseñanzas, dedicación absoluta y ayuda para el desarrollo de la presente investigación.*

*A mis compañeros de salón y a todas las personas maravillosas que conocí aquí en México, en este decursar, las que me brindaron su afecto y amistad.*

*A todas las personas que, de una manera u otra, han contribuido a la obtención de este logro, les estoy sumamente agradecida y ocupan un lugar especial en mi corazón.*

*A todos, muchas gracias.*

# Resumen



## **RESUMEN**

El presente trabajo consiste en un estudio teórico y práctico con el objetivo de proponer la incorporación de estrategias bioclimáticas necesarias en una vivienda de interés social, ya construida, en clima cálido subhúmedo. Los elementos de análisis empleados para el diseño bioclimático son el clima y el confort térmico. El estudio del clima nos proporciona una visión objetiva del comportamiento climático y el grado de bienestar óptimo que se pretende garantizar a sus ocupantes. El análisis del confort térmico posibilita tener una visión subjetiva de las sensaciones térmicas en las personas, así como el grado de satisfacción que éstas tienen con los espacios habitados.

Para ello, se realizó una revisión bibliográfica acerca del tema. Como estudio de caso se llevó a cabo el análisis del medio físico natural y construido para lograr el acondicionamiento bioclimático de la vivienda objeto de investigación, ubicada en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, al Norte del municipio de Veracruz, México. Lo antes expuesto permitió contar con un diagnóstico de las deficiencias en cuanto al comportamiento térmico actual de la vivienda, como punto de partida para la propuesta de estrategias bioclimáticas necesarias en la misma. Se utilizaron los métodos de investigación cuantitativo y cualitativo; y como instrumentos de medición la propuesta de una cédula de observación y la aplicación de una encuesta, con carácter consensado, a los integrantes de la familia.

La importancia de la investigación consiste en la propuesta de dichas estrategias, con el objetivo de elevar el nivel de habitabilidad y confort térmico en la vivienda seleccionada, a partir del aprovechamiento de los recursos naturales. Además, brinda herramientas metodológicas aplicables a otros proyectos, que posibilitan la promoción de buenas prácticas en cuanto al bioclimatismo y consideran la arquitectura bioclimática como una alternativa favorable. Como profesionales del diseño, debemos solucionar las problemáticas existentes y generar cambios positivos en el sector habitacional. Esto implica un cambio de mentalidad y costumbres en aras de crear una conciencia ambiental; una nueva forma de vida inmersa en el paradigma de la complejidad que considere las variables climáticas y ambientales en relación al hombre. Debemos convertirnos en el arquitecto de nuestro futuro, diseñando nuestro hábitat con responsabilidad social y conciencia sustentable.

# Índice



<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. VISIONES Y POSTURAS: EL NUEVO PARADIGMA Y LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA ORIENTADA A LA VIVIENDA SOCIAL EN MÉXICO</b>	
1.1. Ciencia normal. El antiguo paradigma científico .....	10
1.2. Teoría de Sistemas. Pensamiento sistémico .....	12
1.3. El nuevo paradigma de la complejidad: la Teoría de los Sistemas Complejos.....	16
1.4. Mundialización y globalización. Discursos ambientales .....	21
1.5. La arquitectura vernácula y la bioclimática en México, la vivienda social.....	26
1.6. Política pública ambiental de México .....	30
<b>CAPÍTULO 2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO</b>	
2.1. Referencias metodológicas .....	34
2.2. Propuesta metodológica de diseño bioclimático .....	35
<b>CAPÍTULO 3. DEL MEDIO FÍSICO, NATURAL Y CONSTRUIDO DE VERACRUZ AL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA</b>	
3.1. Nivel ambiente. Medio físico natural y construido .....	37
3.1.1. De la Región Hidrológica a la Sub-cuenca.....	38
3.1.2. La Localidad. Caracterización climática local. Conclusiones parciales .....	40
3.1.3. La vivienda construida: estudio de caso. Caracterización climática, mediciones directas en la vivienda. Conclusiones parciales.....	46
3.2. Nivel ser humano. Bienestar y confort térmico .....	52
3.2.1. Caracterización térmica. Diagrama psicométrico.....	54
<b>CAPÍTULO 4. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA</b>	
4.1. Nivel arquitectónico. Propuesta de las estrategias bioclimáticas necesarias .....	56
4.2. El bambú como material bioclimático .....	67
<b>REFLEXIONES FINALES .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>

<b>ÍNDICE DE ESQUEMAS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Esquema 1.</b> Bucle de retroalimentación en la incorporación de estrategias bioclimáticas en vivienda de interés social .....	14
<b>Esquema 2.</b> Marco normativo de México, pirámide de Kelsen .....	31
<b>Esquema 3.</b> Planes de Desarrollo en los tres niveles de gobierno .....	32
<b>Esquema 4.</b> Propuesta metodológica de diseño bioclimático para la incorporación de estrategias bioclimáticas necesarias en la vivienda construida objeto de estudio .....	36
<b>Esquema 5.</b> Orden consecutivo para definir las estrategias de diseño bioclimático específicas en la vivienda construida.....	56

<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Gráfico 1.</b> Temperatura máxima y mínima promedio para el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I .....	42
<b>Gráfico 2.</b> Humedad relativa promedio mensual. Niveles de comodidad .....	43
<b>Gráfico 3.</b> Temperatura interior, exterior y sensación térmica en la vivienda 155. Solsticio de verano .....	50
<b>Gráfico 4.</b> Temperatura interior, exterior y sensación térmica en la vivienda 155. Solsticio de invierno .....	51
<b>Gráfico 5.</b> Carta psicométrica para el municipio de Veracruz .....	55

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los discursos ambientales.....	24
<b>Tabla 2.</b> Referentes teóricos y metodológicos para la metodología propuesta.....	34
<b>Tabla 3.</b> Clasificaciones desde la Región Hidrológica Administrativa hasta la Sub-cuenca .....	38
<b>Tabla 4.</b> Síntesis de la cédula de observación aplicada en la vivienda No. 155.....	49
<b>Tabla 5.</b> Usos-horarios de los espacios. Dispersión metabólica.....	53
<b>Tabla 6.</b> Estrategias básicas de diseño bioclimático necesarias en la vivienda construida.....	57
<b>Tabla 7.</b> Estrategias de diseño específicas incorporadas en la vivienda, por espacios.....	59
<b>Tabla 8.</b> Datos generales para el cálculo de ventilación cruzada, dormitorio 1.....	61
<b>Tabla 9.</b> Cálculos para obtener las ganancias de calor en el dormitorio 1.....	62
<b>Tabla 10.</b> Resumen comparativo, cálculo de ventilación cruzada, dormitorio 1.....	66
<b>Tabla 11.</b> Potencialidades del bambú.....	67

<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Imagen 1.</b> Cuenca Río Jamapa y Otros (RH28B) .....	39
<b>Imagen 2.</b> Sub-cuenca Río San Francisco-Puerto de Veracruz RH28Bc.....	40
<b>Imagen 3.</b> Promedio por meses del viento dominante .....	44
<b>Imagen 4.</b> Promedio anual de la dirección dominante del viento .....	44
<b>Imagen 5.</b> Relación con el entorno inmediato, vivienda No. 155 .....	47
<b>Imagen 6.</b> Vivienda No. 155. Imagen tomada por la autora, febrero de 2018 .....	47
<b>Imagen 7.</b> Trayectoria solar. Máscara estereográfica. 27 de mayo de 2017.....	48
<b>Imagen 8.</b> Trayectoria solar. Máscara estereográfica. 18 de mayo de 2017.....	48
<b>Imagen 9.</b> Trayectoria solar en la vivienda.....	58
<b>Imagen 10.</b> Planta 1er nivel, estrategias bioclimáticas incorporadas.....	60
<b>Imagen 11.</b> Planta 2do nivel, estrategias bioclimáticas incorporadas.....	60

# Introducción



***Todo arquitecto tiene el derecho de interpretar y desarrollar la arquitectura del tiempo en el que vive.***  
Luis Barragán (1934)

## **INTRODUCCIÓN**

Los desafíos ambientales del mundo actual demuestran la importancia de contribuir al mejoramiento de la calidad del hábitat, basado en principios que garanticen una mayor comprensión de la dimensión ambiental en el diseño y la construcción de viviendas ambientalmente sostenibles. La arquitectura bioclimática ha retomado las técnicas y materiales constructivos locales apropiados, que desde tiempos pasados han sido empleados, para lograr beneficios desde lo ambiental hasta lo económico.

En este sentido, la arquitectura bioclimática “consiste en el diseño de edificios o viviendas, teniendo presente las condiciones climáticas, aprovechando los recursos libres (sol, flora, lluvia, vientos) para reducir los impactos ambientales, procurando reducir los consumos de energía” (Seguí, 2013). Otra definición plantea: “[...] consiste en la acción de proyectar o construir, considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el ambiente exterior y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del humano en interiores” (Morillón, 2004: 14).

A partir de estas definiciones, en la presente investigación se propone que la arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificaciones donde el propio inmueble, en interacción con el medio ambiente y las condiciones climáticas del entorno, genere el grado de confort y bienestar que todo ser humano desea. La aplicación de la arquitectura bioclimática debe ser flexible logrando reducir los impactos ambientales y los consumos de energía, sin el empleo de sistemas mecánicos complejos. Lo antes expuesto, puede lograrse a través de un diseño lógico y armónico, con la aplicación de estrategias y criterios arquitectónicos que consideren los aspectos climatológicos y ambientales en relación al ser humano.

Un adecuado diseño arquitectónico acorde con los requerimientos físicos y espaciales, en dónde se incorporen criterios ambientales en función del entorno natural y del componente ergonómico de la vivienda, define en gran medida la habitabilidad del proyecto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012: 143). Esta visión ambientalista aplicada al ejercicio del diseño, ha consolidado un pensamiento socio-cultural de cara a la nueva manera de enfrentar algunos de los retos definidos en

los principios y metas del desarrollo sostenible (2012: 14). Concebir diseños de viviendas con características propias, adecuada orientación, estructura formal, disposición de aberturas, tratamiento de fachadas, uso de la vegetación y de las condiciones geomorfológicas del lugar, permite lograr un acondicionamiento ambiental a menores costos, consumo energético y menor dependencia tecnológica.

Autores como Martin Evans y Silvia de Schiller se refieren al diseño bioclimático como el diseño bioambiental que “propone como objetivo la optimización de las condiciones en los edificios y en espacios exteriores a través del diseño” (Evans y de Schiller, 1991: 7). El diseño bioclimático permite optimizar la relación que plantean los autores entre clima, hombre y arquitectura. Como profesionales del diseño, debemos concebir proyectos en los que el aprovechamiento de las condiciones favorables del medio físico contribuya a solucionar los factores perjudiciales, en aras de mejorar las condiciones de habitabilidad y la calidad de vida de las personas. Sin dudas, el proponer un diseño coherente que incluya el aprovechamiento de los elementos climáticos del entorno para mejorar las condiciones de confort, constituye la materialización de la arquitectura bioclimática.

“Conviene considerar que el proceso de buen diseño, en general, consiste en una selección cualitativa entre soluciones buenas o malas” (Martín, 2001: 3). Cuando se pretende un diseño bioclimático ideal es preciso considerar las condiciones micro climáticas, el uso de materiales adecuados, la implementación de sistemas energéticos alternativos, el uso eficiente y racional del agua, así como la aplicación de criterios bioclimáticos para lograr la menor afectación al entorno. Un buen diseño de vivienda es el que trate de cubrir la mayoría de las necesidades de las personas que habitarán en ésta. “El proceso de diseño bioclimático es complejo en su conjunto y contempla diferentes etapas, desde la toma de datos y su diagnóstico hasta la propuesta de estrategias en las diferentes fases de proyección” (Martín, 2001: 3), de manera que se mejore la calidad habitacional y se reduzcan los impactos ambientales negativos que se originen.

En la actualidad, no es posible que todos los estratos socioeconómicos alcancen los beneficios tecnológicos, pues se requieren ciertos recursos económicos para hacer posible su implantación en los proyectos. De esto se infiere que el diseño bioclimático y sostenible conlleva a un cambio de mentalidad y costumbres, pues implica una responsabilidad con la manutención de una calidad de vida comprometida con el medio

ambiente de las generaciones futuras. Con esto, no se descarta la posibilidad de hacer llegar a los estratos sociales más bajos los beneficios de la arquitectura bioclimática.

Respecto a la vivienda de interés social, algunos autores la definen como aquella que “cumple con el espacio mínimo suficiente para albergar con calidad y dignidad las actividades sociales, privadas e íntimas del núcleo familiar. La que asegura la estabilidad social y la armonía con el entorno, cultural y social” (Herrera, 2005: 10). Otras fuentes la definen como: “la expresión alude a un inmueble que, de algún modo, el Estado entrega a las personas que no pueden acceder a una vivienda digna por sus propios medios. Esto quiere decir que el Estado puede construir viviendas sociales para los habitantes sin recursos” (Pérez y Merino, 2010). En el presente estudio, se define que una vivienda de interés social es aquella desarrollada por el Estado para disminuir el déficit habitacional con el objetivo de satisfacer las necesidades básicas, garantizando la tranquilidad, estabilidad y seguridad de sus ocupantes.

El diseño bioclimático en viviendas de interés social, contribuye a lograr alternativas económicamente viables, con recursos modestos, para alcanzar las condiciones de habitabilidad y confort en bien de la salud física y mental de sus ocupantes. Estos aspectos la cualifican como una vivienda digna, necesidad primordial que provee de seguridad a los individuos. La buena arquitectura siempre ha sido bioclimática, como resultado del sentido común del arquitecto al aplicar correctos criterios de diseño depurados por sucesivas pruebas y corrección de errores (Martín, 2001: 3), con una interacción adecuada entre la arquitectura y el medio ambiente. En correspondencia con lo anterior, se puede afirmar que el buen proyecto de una construcción es el producto de la correcta aplicación de principios y criterios de diseño, desde su concepción.

“Conscientes de la complejidad que presenta la aplicación del enfoque bioambiental, el camino hacia el futuro ecológicamente equilibrado y la formación de un hábitat más favorable, involucra todas las escalas de diseño y las etapas proyectuales [...]” (Evans y de Schiller, 1991: 184). La fase de diseño en un proyecto es fundamental, pues de ésta depende la eficiencia y materialización de las ideas y conceptos planteados. Para el proyectista, el aprovechamiento de los recursos naturales debe convertirse en una imprescindible herramienta de trabajo. Es preciso analizar todos los aspectos involucrados, desde los recursos naturales disponibles hasta aspectos técnicos y estéticos.

Debemos pensar en asociarnos e involucrarnos con la naturaleza, en lugar de utilizarla como un instrumento para satisfacer nuestras necesidades. William McDonough y Michael Braungart, plantean que la naturaleza no tiene un problema de diseño, sino que lo tenemos nosotros (McDonough y Braungart, 2005: 14); por lo que resulta imprescindible planificar y proyectar un hábitat futuro que nos permita lograr una mejor calidad de vida con menor consumo de energía, sin aumentar significativamente el uso de otros recursos tecnológicos, económicos y materiales. Esto implica un cambio de hábitos, de mentalidad, crear una conciencia ambiental y una transformación socio-cultural que implica una nueva forma de vida inmersa en un cambio de paradigma desde el diseño, con una visión integradora desde lo social, económico y ambiental.

Para una mayor comprensión de los términos que se mencionarán en lo adelante, se determinan a continuación algunas definiciones que facilitarán una mayor comprensión y lenguaje común en el tema ambiental que nos compete:

- **Clima:** “es el comportamiento estadístico de las variaciones y combinaciones del estado del tiempo (fenómenos meteorológicos) durante un largo período, por varias décadas” (Morillón, 2004: 11). Los elementos del clima que influyen en la sensación subjetiva de confort térmico son: la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y el movimiento del aire (Evans y de Schiller, 1991: 29).

- **Bioclima:** “es la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico del humano” (Morillón, 2004: 11).

- **Confort:** “es el estado mental bajo el cual el hombre expresa satisfacción o bienestar psicofisiológico ante el ambiente que lo rodea” (Fuentes y García, 2005: 47). Los factores internos que determinan el confort son: raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencia, etc. Mientras que los externos son: grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, elementos ambientales como temperatura del aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc. (eadic, 2013: 2). Víctor Fuentes plantea que los tipos de confort se dividen en: confort térmico, lumínico, acústico, olfativo y bienestar electromagnético (Fuentes, 2000: 17). En la presente investigación se analizará el confort térmico, para conocer las condiciones particulares de bienestar en los

habitantes, y propiciarlo a través de las estrategias de diseño necesarias para el acondicionamiento climático de la vivienda de estudio.

- Zona de confort: “podría describirse como el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno” (Hernández, 2007: 38).

- Climatización: “implica el conjunto de operaciones que crean y mantienen determinadas condiciones de temperatura, humedad, ventilación y calidad del aire. La climatización es sinónimo de acondicionamiento climático del ambiente” (Morillón, 2004: 14).

- Las características del tipo de clima cálido subhúmedo se aborda en el capítulo 3 de la presente investigación.

La magnitud de la problemática general que incide en las viviendas bioclimáticas de interés social se traduce en una complejidad de dimensiones como las: demográficas, tecnológicas, constructivas, económicas, políticas, ambientales y sociales, entre otras. Si analizamos los datos brindados en la Nueva Agenda Urbana, se aprecia notablemente el aumento de la población a nivel mundial. En Hábitat I, desarrollada en Vancouver 1976, la población mundial representaba un 37.9%; en Hábitat II, en Estambul 1996, un 45.1% y en Hábitat III, en Ecuador 2016, ya se había elevado a 54.5% (Pirera, 2016: 2). El crecimiento demográfico actual, eleva la demanda de viviendas como respuesta a dicha problemática. Lo anterior, trae consigo el surgimiento de programas públicos de viviendas que se caracterizan por la producción en serie, con proyectos masivos, estandarizados y reproductivos. Esto conlleva a que la construcción de viviendas sea, a menudo, un proceso rápido y desordenado con gran énfasis en concluir el proyecto sin proteger el medio ambiente ni garantizarle condiciones confortables a los usuarios.

En cuanto al aspecto tecnológico, estos proyectos de viviendas no tienen en cuenta el uso de sistemas pasivos<sup>1</sup> ni un adecuado control térmico, lo que genera la utilización de sistemas mecánicos como ventiladores y aires acondicionados. El uso de tecnologías eleva los consumos energéticos y los costos económicos. Por otra parte, contemplan en sus diseños el uso de materiales de construcción como el cristal, el metal y el hormigón

---

<sup>1</sup> **Sistemas pasivos:** “[...] sistemas de climatización, en los que la captación, distribución y almacenamiento del calor, así como su disipación o descarga (en forma directa o indirecta), se realizan mediante procesos naturales de transferencia de calor” (Morillón, 2004: 14). Existen tres sistemas básicos: sistemas pasivos de climatización, de iluminación natural y sistemas para el control de ruidos (Fuentes: 2000, 18).

“que respetan muy poco o nada el medio ambiente. Materiales altamente tóxicos en cuanto a su fabricación y combustión [...], [...] que requieren un alto consumo de combustibles fósiles para su producción” (Hernández, 2014). Éstos, además de ser cada vez más escasos y costosos, inciden negativamente en el medio ambiente, pues emiten elevados volúmenes de gases nocivos contaminantes. El empleo correcto de estos elementos contribuye a disminuir los impactos ambientales, permite el logro de una mayor eficiencia energética, el equilibrio y la armonía como constante con el entorno (Hernández, 2014). Lo anterior, posibilita alcanzar el control ambiental adecuado o deseado mediante el diseño, adaptado a las condiciones climáticas del medio natural, en aras de hacer un uso eficiente de los recursos.

Los proyectos de viviendas de interés social, en su mayoría, no tienen en cuenta el máximo aprovechamiento de los recursos naturales disponibles como el sol, la vegetación, la lluvia, los vientos, entre otros. No consideran las características y condiciones naturales de las regiones climáticas, lo que demuestra que no se estudia el entorno antes del proceso de diseño. No incluyen criterios o estrategias de diseño en cuanto a la ubicación de la vivienda según la trayectoria solar, con una adecuada distribución funcional de los espacios que la conforman, según la orientación apropiada de sus aberturas, garantizando la ventilación e iluminación natural, entre otros. Además, no brindan las condiciones de confort térmico y bienestar que satisfacen las necesidades humanas en las edificaciones.

El uso eficiente de los recursos que nos brinda la naturaleza es de gran beneficio en los diseños de viviendas, ya que permite reducir los costos económicos con la disminución de los consumos de energía eléctrica que se generan para garantizar la iluminación y ventilación artificial. Además, posibilita alcanzar óptimas condiciones de confort y bienestar para sus ocupantes, garantizando la interacción de la arquitectura con el medio ambiente y las condiciones climáticas de la zona.

Para el presente estudio nos centraremos en la dimensión ambiental, en cuanto al diseño y a la social respecto al confort térmico para lograr un adecuado nivel de habitabilidad. A partir de lo anterior, sería válido plantear el siguiente problema de investigación: ¿cómo el diseño bioclimático aprovecha las condiciones ambientales de un clima cálido subhúmedo, para propiciar confort térmico en la vivienda de interés social construida y reducir los impactos ambientales?

El interés de este trabajo se concentra en las condiciones climatológicas y de confort térmico que inciden en una vivienda de interés social construida, en el municipio de Veracruz, con presencia de clima cálido subhúmedo (posteriormente se explican las características de este clima). Tiene como fin definir e incorporar las estrategias de diseño bioclimático necesarias, para lograr el nivel de confort y bienestar térmico adecuado en los habitantes de la vivienda a través de su acondicionamiento climático. Aunque la investigación parezca ser de carácter local, por desarrollarse un estudio de caso puntual, resulta válido aclarar que el comportamiento humano frente al ambiente es de índole global. Además, la metodología para el diseño bioclimático que más adelante se propone, puede ser aplicable en la climatización de otras viviendas e investigaciones; lo que demuestra el interés de un estudio particular o local con fines de aplicación global, ya sea en otros Estados de la República Mexicana u otros países del mundo.

La incorporación de dichas estrategias de diseño bioclimático en este tipo de vivienda posibilita numerosas ventajas. Respecto al tema ambiental, propicia la armonía entre la arquitectura y el medio ambiente, así como la conservación de los recursos naturales. Además, minimiza los impactos negativos que se generan en la naturaleza. En cuanto a lo cultural, la propuesta brinda soluciones para el mejoramiento formal y funcional de la vivienda, enfatizando en la necesidad del reconocimiento de la arquitectura vernácula propia del lugar. En lo económico, se disminuyen los consumos de energía eléctrica con el máximo aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural. Esto se traduce en una menor dependencia de los recursos no renovables de energía, lo que permite lograr una mayor eficiencia energética y menores costos económicos. En el aspecto social, permiten mejorar la calidad de vida de las personas que habitan dicha vivienda, ya que proporcionan agradables condiciones ambientales y niveles óptimos de confort y bienestar que satisfacen las necesidades humanas.

Un diseño bioclimático adecuado no resulta costoso, se trata de aprovechar las condiciones climáticas del lugar y los elementos arquitectónicos para que, de una forma pasiva y natural, se logre el nivel de comodidad que todo individuo desea. No consiste en inventar formas extrañas, entiéndase esto por diseños sofisticados, sino diseñar con criterios que transformen los elementos externos en confort interno y que estén acorde con las tendencias actuales, como los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Estos fueron aprobados en el año 2015, por 193 Estados miembros de la ONU, y marcan la pauta para



la construcción de un mundo más justo y equitativo para toda la población, además de tener en cuenta el cuidado y la protección del medio ambiente (Centro de Noticias ONU, 2015). En este sentido, resulta esencial el diseño de una arquitectura, que considere al ambiente desde el comienzo.

Los aportes de la investigación residen en la aplicación metodológica y práctica profesional de una propuesta, que plantea la incorporación de estrategias bioclimáticas necesarias para lograr la climatización pasiva de la vivienda de interés social estudiada, en este caso ya construida. Esto permite adquirir las experiencias, desarrollo y buenas prácticas en este tipo de arquitectura, por su incidencia en lo ambiental, arquitectónico, económico y social; para lograr el equilibrio y la armonía entre la arquitectura y el medio ambiente.

La presente investigación tiene como objetivo general definir e incorporar las estrategias de diseño bioclimático necesarias para una vivienda de interés social, construida, en el municipio de Veracruz, México, con presencia de clima cálido subhúmedo; lo que permite elevar el nivel de habitabilidad y confort térmico en la misma.

En este sentido, se proponen cuatro objetivos específicos que posibilitan el desarrollo del presente trabajo, los cuales se enuncian a continuación:

1- Determinar los elementos que conforman un diagnóstico bioclimático como etapa fundamental para la propuesta de estrategias bioclimáticas en una vivienda.

2- Determinar cuáles son los métodos y estrategias bioclimáticas que pueden aplicarse en el diseño de viviendas, en un clima cálido subhúmedo.

3- Analizar como estudio de caso el comportamiento bioclimático, en cuanto a clima y confort, de una vivienda de interés social construida en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, en el municipio de Veracruz, México.

4- Definir y aplicar las estrategias bioclimáticas para una vivienda de interés social construida en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, en el municipio de Veracruz, México, con presencia de clima cálido subhúmedo.

Por consiguiente, la hipótesis de investigación es la siguiente: se podrán establecer, una metodología y las estrategias de diseño bioclimático, para lograr el acondicionamiento climático de una vivienda, ya construida, en el municipio de Veracruz con presencia de clima cálido subhúmedo; lo que contribuye a elevar el nivel de habitabilidad y confort térmico de las personas en la misma.



De igual manera se plantean las siguientes preguntas de investigación, que contribuyen a lograr el objetivo general:

1- ¿Cuáles son los elementos que conforman un diagnóstico bioclimático como etapa fundamental para la propuesta de estrategias bioclimáticas en una vivienda?

2- ¿Cuáles son los métodos y estrategias bioclimáticas que pueden aplicarse en el diseño de viviendas, en un clima cálido subhúmedo?

3- ¿Cuál es el comportamiento bioclimático de la vivienda de estudio, construida en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, municipio de Veracruz?

4- ¿Cuáles son las estrategias bioclimáticas a incorporar en la vivienda de interés social construida en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, en el municipio de Veracruz, con presencia de clima cálido subhúmedo?

El presente trabajo está integrado por cuatro capítulos descritos brevemente a continuación, ya que al inicio de cada sección se detalla su contenido:

- En el capítulo 1, se abordan las principales visiones y posturas teóricas que inciden en el objeto de estudio transformación. Tratándose de problemas ambientales, se plantea la necesidad de un cambio de paradigma, con una nueva visión profundamente ecológica que permita la transformación de nuestro hábitat con principios bioclimáticos.

- En el capítulo 2, se propone una metodología para el diseño bioclimático, confeccionada por la autora a partir de referentes teóricos y metodológicos analizados. Resulta válido aclarar que este instrumento propuesto, para el diseño bioclimático, puede ser aplicado en otros estudios y proyectos arquitectónicos en los que se interrelacionen el ambiente, el ser humano y la arquitectura.

- En el capítulo 3, se desarrolla la metodología propuesta en el capítulo anterior, con un enfoque local desde lo global a partir de niveles de análisis: desde el ambiente, el ser humano hasta el nivel arquitectónico. Éste último, tiene el propósito de definir las estrategias de diseño bioclimático necesarias a incorporar en la vivienda de estudio, el cual se desarrolla en el próximo apartado.

- En el capítulo 4, se definen las estrategias bioclimáticas de diseño, específicas y apropiadas a incorporar en la vivienda construida. El principal objetivo de esta sección consiste en adaptar la vivienda a su entorno, en aras de lograr su acondicionamiento climático y generar el confort térmico óptimo para el desarrollo de la vida humana.

# Capítulo 1



## **CAPÍTULO 1. VISIONES Y POSTURAS: EL NUEVO PARADIGMA Y LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA ORIENTADA A LA VIVIENDA SOCIAL EN MÉXICO**

En el presente capítulo se abordan los aspectos relacionados con la ciencia normal y el concepto de paradigma científico propuesto por Thomas Kuhn. Fueron analizadas las posturas de autores como Fritjof Capra que realiza una detallada descripción de la Teoría de los Sistemas. James Lovelock plantea la Teoría de Gaia como sistema autor-regulador de las temperaturas y las composiciones químicas del planeta Tierra. Se plantea la necesidad de asumir en nuestros tiempos el nuevo paradigma de la complejidad, con una visión ecológica profunda desde lo global a lo local. Se aborda dicho paradigma y la necesidad de un pensamiento complejo en la actualidad. Se analiza la Teoría de los Sistemas Complejos que constituye la base teórica de la metodología de investigación interdisciplinaria propuesta por Rolando García para el estudio de los sistemas complejos. Además, se analizó la mundialización, la globalización ambiental y los discursos ambientales que han asumido diversas posturas para la solución de la crisis ecológica en la que todos estamos inmersos, llegando a identificarnos con el discurso ambiental de los Supervivientes correspondiente a la escuela de la Ecología Profunda. Finalmente se desarrollan aspectos relacionados con la arquitectura vernácula y la bioclimática en México y su política pública ambiental, temas de relevancia en la presente investigación.

### **1.1. Ciencia normal. El antiguo paradigma científico**

La ciencia normal<sup>2</sup> a menudo rechaza las innovaciones propuestas por la comunidad científica<sup>3</sup>, ya que afectan su desarrollo básico. Los resultados de sus exploraciones definen los problemas y métodos de un determinado campo de estudio para futuras investigaciones por parte de los científicos. Thomas Kuhn plantea que sus investigaciones tienen dos características fundamentales: carecen de antecedentes para ser aceptados por un grupo de científicos y son lo bastante incompletas para dejar muchos problemas a resolver (Kuhn, 1971: 33). Por consiguiente, Kuhn propone el término de paradigma como un modelo que tiene éxito por su detallada y profunda investigación por parte de los científicos, el que es aceptado por la comunidad científica para la solución de diversos

---

<sup>2</sup> **Ciencia normal:** Investigación basada en una o más realizaciones científicas pasadas, que alguna comunidad científica reconoce durante cierto tiempo para su práctica posterior. Pretende como objetivo la extensión continua y precisa de los conocimientos científicos (Kuhn, 1971: 33 y 92).

<sup>3</sup> **Comunidad científica:** es un grupo de especialistas y científicos que siguen diversos caminos. Los ecologistas profundos, como parte de la comunidad, comprenden la magnitud del cambio de paradigma que se necesita para convivir en paz con Gaia, la Tierra viva (Lovelock, 2007: 23 y 222).

problemas (Kuhn, 1971: 51 y 53). Edgar Morin difiere con esta definición, el cual plantea que: “Un paradigma es un tipo de relación lógica (inclusión, conjunción, disyunción, exclusión) entre un cierto número de nociones o categoría maestras. [...] controla la lógica del discurso. El paradigma es una manera de controlar la lógica y, a la vez, la semántica” (Morin, 2007: 154). A partir de ambas definiciones, en la presente investigación asumiremos el concepto de paradigma planteado por Thomas Kuhn.

“Una de las razones por las cuales la ciencia normal parece progresar tan rápidamente es que quienes la practican se concentran en problemas que sólo su propia falta de ingenio podría impedirles resolver” (Kuhn, 1971: 71). En cuanto a la solución de problemas, la ciencia o investigación normal aspira muy poco a tomar posturas decisivas y novedosas. “[...] los descubrimientos predichos por la teoría son partes de la ciencia normal y no dan como resultado ningún tipo nuevo de hecho” (Kuhn, 1971: 105). En todo caso, ocupa una posición antropocéntrica en la que el hombre es el centro de atención, sin comprender lo abusivo que ha sido con el cuidado del ambiente.

“Todas las crisis se inician con la confusión de un paradigma y el aflojamiento consiguiente de las reglas para la investigación normal” (Kuhn, 1971: 138). El estado de crisis genera la necesidad de rediseñar las herramientas y modelos, considerándose la condición previa de pensar en nuevas teorías y como resultado un cambio de paradigma que demanda la reorientación y evolución de la ciencia. La física cuántica, en el siglo XX, trajo consigo una nueva forma de hacer la ciencia con transformaciones como resultado del nuevo paradigma (Capra, 1998: 27).

Un cambio de paradigma no resulta fácil, ya que en ocasiones surge una fuerte resistencia por parte de la comunidad científica. Esto lo podemos observar en la vida cotidiana con el temor que sienten los seres humanos al salir de su reconocida zona de confort. James Lovelock tuvo una fuerte resistencia y oposición por parte de un considerable grupo de científicos que se oponían a su Teoría de Gaia (Capra, 1998: 124). Nuestro mundo contemporáneo presenta una nueva realidad que el paradigma de la ciencia normal no permite solucionar. Algunos autores lo señalan como un paradigma mecanicista (Capra, 1998: 37), y de ahora en adelante lo consideraremos el antiguo paradigma científico. “[...] la ciencia se ha vuelto ciega por su incapacidad de controlar, prever, incluso concebir su rol social, por su incapacidad de integrar, articular, reflexionar sus propios conocimientos” (Morin, 2007: 79). Se necesita un nuevo modelo o patrón que se identifique con los problemas ecológicos globales que afectan a la humanidad y brinde



las soluciones a los mismos. La problemática actual nos exige una nueva visión, un nuevo paradigma acorde a nuestra crisis medioambiental.

## 1.2. Teoría de Sistemas. Pensamiento sistémico

Los disímiles problemas de carácter global que afectan al planeta y a la propia existencia humana, deberían constituir signos de alarmas para la humanidad. Por consiguiente, sería necesario asumir nuevas posturas y formas de pensar, ya que estos problemas a corto plazo podrían no tener solución. “Los principales problemas de nuestro tiempo, [...] no pueden ser entendidos aisladamente” (Capra, 1998: 25). En este sentido, Fritjof Capra se refiere a problemas de carácter sistémico, en el que todos se relacionan a pesar de ser interdependientes. “Hoy en día, la ciencia se ubica en el corazón de la sociedad” (Morin, 2007: 157). En este sentido, Capra plantea una transformación cultural, en la ciencia y la sociedad, “del paradigma científico al paradigma social” (Capra, 1998: 27).

Antes de abordar la Teoría de Sistemas, deberíamos preguntarnos ¿qué es un sistema? Rolando García define el término como: “todo conjunto organizado que tiene propiedades, como totalidad, que no resultan aditivamente de las propiedades de los elementos constituyentes”, en el que su organización está dada por las relaciones entre los elementos (García, 2006: 181). Existen dos tipos de sistema: abierto y cerrado. Este último se encuentra en un estado de equilibrio total, sin intercambios con el medio exterior (Morin, 2007: 43). Por el contrario, los sistemas abiertos están en constante vínculo con su ambiente, su existencia depende de los continuos flujos de energía y materia que le otorgan un estado estable para su funcionamiento (Capra, 1998: 68). La noción de sistemas cerrados refleja una visión reduccionista y simplificadora del mundo, característico de la ciencia mecanicista. En cambio, la concepción de sistemas abiertos abre las puertas de la complejidad, a un mundo de múltiples relaciones, asociaciones y articulaciones en las que resulta crucial la vinculación con el entorno. En próximos epígrafes, se abordará el tema de la complejidad y los sistemas complejos, que justamente son sistemas abiertos.

En 1950, el biólogo Ludwig von Bertalanffy propone la Teoría de Sistemas<sup>4</sup> que reemplaza la visión mecanicista de la ciencia por una holística que permitiera la unificación de diversas disciplinas científicas, que hasta entonces habían estado separadas (Capra,

---

<sup>4</sup> **Teoría de Sistemas:** es una ciencia general de totalidad, en la que los conceptos y principios sistémicos pueden ser aplicados en distintos campos de estudio (Capra, 1998: 68 y 69).



1998: 66). Las propuestas de Bertalanffy de la Teoría de Sistemas y del concepto de sistema abierto, antes mencionado, posibilitaron la concepción de un pensamiento sistémico<sup>5</sup> que demostraba la evolución de los métodos tradicionales de la ciencia a una ciencia de la complejidad. La visión sistémica, plantea el criterio del “cambio de las partes al todo” (Capra, 1998: 56). Las propiedades de las partes son propiedades del conjunto o contexto mayor y no pueden ser entendidas como elementos aislados. Pero, ¿cómo se pueden comprender las partes u objetos de un sistema desde el todo? En este sentido, Capra plantea el “cambio de objetos a relaciones” (Capra, 1998: 57), en el que los objetos se convierten en redes de relaciones que interactúan con redes mayores, a diferencia de la visión mecanicista del antiguo paradigma.

El pensamiento sistémico se concentra en el principio de auto-organización<sup>6</sup> que constituye una propiedad relevante de los sistemas abiertos. Pero ¿cómo pudiéramos apreciar el patrón de organización en la Tierra? Nuestro planeta, como un todo y sistema vivo, tiene la capacidad de auto-organización y auto-regulación. James Lovelock, como ecologista profundo, desarrolla el concepto de Gaia para referirse metafóricamente a la Tierra viva. Para comprender su concepto, deberíamos conocer primeramente ¿qué es Gaia? El autor plantea: “Gaia es un delgado caparazón esférico de materia que rodea el interior incandescente de la Tierra [...]. Incluye la biosfera y es un sistema fisiológico dinámico que ha mantenido nuestro planeta apto para la vida durante más de tres mil millones de años” (Lovelock, 2007: 37). Gaia en sí constituye un sistema fisiológico ya que es capaz de regular, como proceso de auto-regulación, el clima y la composición química de la Tierra; creando las condiciones aptas y de bienestar para la humanidad.

Al hablar de Gaia, debemos pensar en un sistema vivo integrado como un todo, en el que exista una relación inseparable entre el entorno físico y la vida, ya que ambos se complementan y posibilitan nuestra existencia. Los problemas globales y medioambientales que nos afectan en la actualidad como la sobrepoblación, el cambio climático y el calentamiento global, por citar algunos de ellos, afectan el espontáneo proceso auto-regulador de Gaia. De igual forma, repercuten negativamente en nuestro entorno y en nuestra esperanza de vida. La Teoría Gaia tiene una visión sistémica ya que fue capaz de unificar varias disciplinas como la geología, la química, la biología y la

---

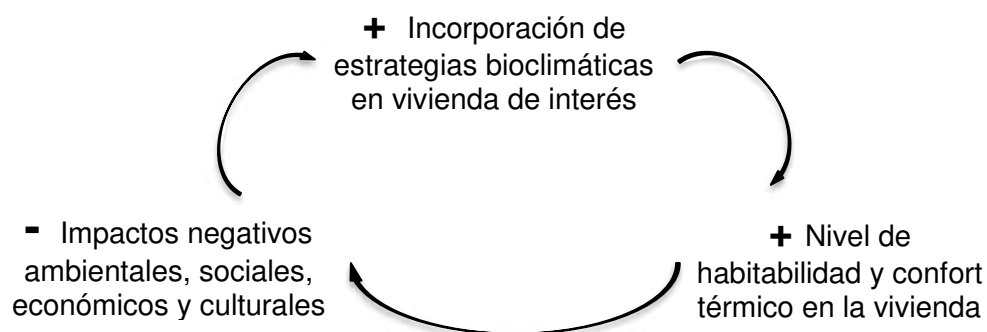
<sup>5</sup> **Pensamiento sistémico:** la comprensión de un fenómeno en el contexto de un todo, estableciendo la naturaleza de sus relaciones (Capra, 1998: 47).

<sup>6</sup> **Auto-organización:** aparición de nuevas estructuras y modos de comportamientos en sistemas lejos del equilibrio, caracterizada por bucles de retroalimentación internos (Capra, 1998: 103).

climatología, entre otras. Es capaz de mantener estables las temperaturas para conservar la habitabilidad en el planeta, lo que ha quedado demostrado anteriormente. Esto sucede como consecuencia de los bucles de retroalimentación<sup>7</sup> que se dan entre los organismos y su entorno (Capra, 1998: 125). Cuando este ciclo circular de elementos interrelacionados se rompe, por alguna perturbación externa, el sistema se encuentra lejos de ser estable.

Justamente, los cibernéticos reflejaron el patrón de organización de un sistema a partir del concepto de retroalimentación planteado por Norbert Wiener (Capra, 1998: 82). Los bucles de retroalimentación propuestos por Wiener son aplicables a cualquier fenómeno de nuestro mundo. Para una mayor comprensión de lo antes expuesto, como ejemplo ya que no constituye una propuesta, aplicaremos la idea de Wiener a la presente investigación en la se aprecia un bucle de retroalimentación de carácter general negativo (esquema 1).

**Esquema 1.** Bucle de retroalimentación en la incorporación de estrategias bioclimáticas en vivienda de interés social



Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Capra, 1998: 75-82).

Para entender el significado de las categorías “+” y “-”, resulta válido aclarar que se refiere a la dirección relativa de cambio de los aspectos relacionados (Capra, 1998: 78). En este sentido, el bucle de retroalimentación será auto-equilibrante (negativo) ya que contiene un número impar de relaciones negativas (en este caso una). Esta retroalimentación auto-equilibrante es común apreciarla en diferentes situaciones de la realidad. En el bucle de retroalimentación representativo de la incorporación de estrategias bioclimáticas en vivienda de interés social, retomando el esquema 1, la unión entre

<sup>7</sup> **Bucles de retroalimentación:** es una disposición circular de elementos conectados causalmente, en la que una causa inicial se propaga alrededor de los eslabones sucesivos del bucle. Cada elemento tiene un efecto sobre el siguiente, hasta que el último retroalimenta el efecto sobre el primer eslabón del proceso. Se traduce en autorregulación como patrón de organización de un sistema (Capra, 1998: 75 y 82).



incorporación de estrategias bioclimáticas y niveles de habitabilidad y confort es positivo: a mayores estrategias bioclimáticas, mayores niveles de bienestar y confort se obtendrán en la vivienda. La próxima relación, en cambio, es negativa: a mayor nivel de habitabilidad y confort, más disminuyen los impactos negativos. La última relación es nuevamente positiva: menores impactos negativos, corresponde a la adecuada incorporación de estrategias bioclimática.

El ejemplo antes mencionado muestra la necesidad de orden o auto-organización del sistema, que en este caso es la vivienda. Los valores similares de temperaturas interiores y exteriores registrados en la misma, demuestran un supuesto estado de equilibrio que repercute negativamente en su climatización pasiva. Tratándose de un clima cálido subhúmedo, si se logran menores valores de temperatura en sus interiores respecto a los exteriores, se aprecia un alejamiento del estado uniforme y constante actual de las temperaturas. Esto constituye una muestra de auto-organización ya que se auto-regula climáticamente la vivienda. La misma se considera un sistema abierto en la que inciden variables como la temperatura, la humedad relativa, las precipitaciones y los vientos dominantes. El sistema estaría influenciado por el entorno con la incidencia de dichas variables y las estrategias bioclimáticas integradas en su propia estructura, como nuevos modos de comportamientos que posibilitan un aumento de su orden interno y estabilidad sistémica.

En consecuencia con lo antes expuesto, se produce un nuevo “equilibrio” térmico como resultado de un nuevo estado estable, en el que la incorporación de las estrategias bioclimáticas necesarias en la vivienda, permite regular las temperaturas interiores de forma pasiva. Dichas estrategias se encontrarían funcionando en bucles de retroalimentación auto-equilibrante, que otorgan estabilidad a las estructuras del sistema como un todo. Podemos plantear que las principales características que definen los sistemas son el comprenderlos desde el todo o contexto mayor, a partir de percibir la naturaleza y la realidad del mundo en que vivimos como una red de relaciones interconectadas. Además, el patrón de organización determina las características fundamentales del sistema que se desarrolla en dicha red. Esto nos permite contar con una nueva visión epistemológica de la naturaleza y la ecología, basada en un pensamiento sistémico.

Nuestras vidas dependen de ese sistema mayor que conocemos como planeta Tierra. Gaia, nos favorece con su poder de regularla climática y químicamente en función

de nuestro bienestar; pero eso no soluciona la situación de crisis que ha generado la humanidad con su actuar desmedido. Una nueva forma de vida y pensamiento, centrada en el cuidado y protección de nuestro planeta, del que formamos parte, aplazará la anunciada catástrofe climática que llegaría a extinguirnos como seres humanos. Esto pudiera resultar muy dramático, pero es la realidad que se nos aproxima si continuamos abusando de la Tierra, que nos ha dado la vida.

En situaciones de crisis, los seres humanos reaccionan y asumen posiciones tan asombrosas y altruistas que generan un cambio favorable. ¿Por qué no contar con estos principios como parte de nuestro accionar diario? ¿Por qué esperar a períodos de crisis, como en el que nos encontramos? En la actualidad el desarrollo, en todas sus dimensiones, ha tenido privilegios sobre la protección medioambiental. Nos hemos preocupado por el desarrollo de nuevas tecnologías, de nuevas ciudades y prototipos de viviendas que satisfacen nuestras necesidades olvidando que nuestros modos de vida y las grandes urbes que construimos forman parte de la Gaia. Necesitamos pensar y actuar con luz verde, y no me refiero al color físicamente, sino con principios ecológico que garanticen la armonía con la naturaleza. Pensemos en un mundo, urbanizaciones y arquitecturas verdes; viviendas que sean capaces de autor-regularse pasivamente sin el uso de sofisticadas tecnologías. Sin dudas contribuiremos con nuestro granito de arena a lograr una Gaia, o Tierra viva como la llama Lovelock, más sana que garantice nuestro bienestar y el de todos en el futuro.

Ante esta situación, pareciera que las soluciones a estos problemas son inalcanzables o imposibles, pero no lo son. Justamente, es más sencillo de lo que pensamos, pues está en nuestra ideología, capacidad de reflexión y en la percepción que tenemos del mundo en que vivimos. Es por esto que se hace inminente contar con una nueva visión de la realidad, un cambio en nuestro modo de pensar, en nuestros hábitos, costumbres e incluso valores. De éstos dependerá un cambio de paradigma, en la ciencia y la sociedad, que garantice nuestra existencia como seres humanos.

### **1.3. El nuevo paradigma de la complejidad: la Teoría de los Sistemas Complejos**

Durante más de tres mil millones de años, con el surgimiento de la vida en el planeta Tierra, nos enfrentamos a un mundo complejo en su conjunto. Pero, ¿qué es la complejidad? Edgar Morin plantea que la complejidad es: “el tejido de eventos, acciones,

interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico” (Morin, 2007: 32). En cuanto a su surgimiento en la ciencia expresa:

[...] la complejidad había surgido sin decir aún su nombre, en el siglo XX, en la micro-física y en la macro-física. [...] Es con Wiener y Ashby, los fundadores de la Cibernética, que la complejidad entra verdaderamente en escena en la ciencia. Es con Von Neumann que, por primera vez, el carácter fundamental del concepto de complejidad aparece enlazado con los fenómenos de auto-organización (Morin, 2007: 58 y 59).

Referirnos a la complejidad implica considerar interacciones, unidades de análisis, fenómenos aleatorios relacionados con el azar, incertidumbres, relaciones entre objeto de estudio y entorno, una mezcla de orden y desorden que influyen en la auto-organización de sistemas cada vez más complejos en su naturaleza.

Desde la perspectiva de Rolando García cuando un investigador se dedica al estudio de sistemas complejos para solucionar una problemática determinada (como es el caso de la presente investigación), no parte de cero, sino que asume una serie de teorías y un paradigma que sustente el conocimiento científico (García, 2006: 45). Por consiguiente, tratándose de problemas ambientales, el paradigma que debe asumirse es el de complejidad con un enfoque sistémico fundamentado en la Teoría de los Sistemas Complejos. Ésta demuestra su concepción abierta a la integración del objeto de estudio con su ambiente, evidenciando un progreso epistemológico en la ciencia hacia un pensamiento complejo que vincula la teoría a la metodología. La definición de los sistemas abiertos, ha sido un aspecto clave para el planteamiento de dicha teoría (García, 2006: 124). Resulta válido aclarar, que no se pretende rechazar las alternativas clásicas de la ciencia, sino incorporar y asumir una nueva visión, nuevas alternativas que permitan comprender los sistemas desde la complejidad que los identifica.

La Teoría de los Sistemas Complejos constituye la base teórica de la metodología interdisciplinaria que propone Rolando García para el estudio de los sistemas complejos en una investigación científica, con el desafío del nuevo paradigma de la complejidad en la ciencia. “[...] la integración disciplinaria es un hecho histórico y una característica del desarrollo científico [...]” (García, 2006: 24). El autor expresa que constituye una concepción teórica científica empírica<sup>8</sup>, con una posición epistemológica anti-empirista (García, 2006: 183). Dicho de otro modo, García se refiere a que las características del sistema no están dadas sólo por la experiencia del observador, sino que se basa en el

---

<sup>8</sup> **Ciencia empírica:** “[...] es empírica en el doble sentido de tener como objetivo el dar cuenta de hechos o fenómenos empíricos, y de someterse al *test* de la experiencia para justificar la validez de sus asertos. Pero no tiene que ver con el empirismo como posición epistemológica” (García, 2006: 76).

registro de datos interpretados a partir de la experiencia; lo anterior conlleva a una epistemología constructivista. “El conocimiento es organizador” y puede considerarse como un círculo productivo que estimula el pensamiento (Morin, 2007: 144 y 152). El autor se refiere al constructivismo, al proceso de construcción y organización del conocimiento a partir de la acción, la observación, la experiencia y el proceso de investigación vinculados al entorno.

El constructivismo planteado por García plantea la construcción del conocimiento a partir de procesos constantes de reorganización, en los que incide la experiencia del investigador y la interacción con el medio exterior que nos brinda información. Esta idea se basa en las teorías constructivista de Jean Piaget, que enfatiza el proceso cognoscitivo en la acción (García, 2006: 77). La conclusión general, es que epistemológicamente se construye un conocimiento a partir de la acción y el proceso de investigación hasta poner en práctica las teorías científicas; en este caso la Teoría de los Sistemas Complejos.

Se ha analizado la teoría científica que demanda el nuevo paradigma, pero ¿qué es un sistema complejo? Precisamente, es un sistema abierto, como ya se mencionó anteriormente, ya que como un todo interactúa con el entorno a partir de intercambios y flujos de materia, energía, recursos, información (García, 2006: 122). Rolando García lo define como: “una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada [...], en la cual los elementos no son “separables” y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente” (García, 2006: 21). Los sistemas complejos son sistemas heterogéneos y no descomponibles<sup>9</sup> ya que los procesos que se generan e interactúan en su estructura no pueden aislarse, debido a la “interdefinibilidad de sus componentes”; de ahí la necesidad de una integración interdisciplinaria (García, 2006: 80). De lo anterior se infiere que los sistemas ambientales y sociales son sistemas complejos.

Para abordar los problemas ambientales, el estudio de los sistemas complejos exige una metodología de investigación interdisciplinaria que incluye aspectos físicos, sociales, ambientales, biológicos, económicos y políticos; ya que se recorta una parte de la realidad física, cultural, socioeconómica y política de una región para abordar una problemática específica (García, 2006: 24, 47 y 64). Dicho de otra manera, en los sistemas complejos surge una relación esencial entre el objeto de estudio y las disciplinas científicas que influyen en la investigación, lo que genera una visión sistémica en la ciencia. Para analizar

---

<sup>9</sup> **No descomponibles:** “La clasificación de los sistemas en “descomponibles” y “no descomponibles” fue introducida por el Premio Nobel de Economía, Herbert Simon (1977)” (García, 2006: 80).



y caracterizar un sistema complejo, Rolando García se refiere a dos principios básicos: “los observables como datos de la experiencia ya interpretados” y a los hechos que “son relaciones entre observables” (García, 2006: 43). En este sentido cuando el investigador se enfrenta al estudio documental y al trabajo de campo, no se podrá comportar como un observador o individuo neutral, sino que los resultados obtenidos estarán influenciados por su interpretación según la experiencia personal y profesional del mismo.

En el análisis de los sistemas resulta esencial el estudio de procesos agrupados en subsistemas, éstos “describen los cambios que tienen lugar en el sistema” (García, 2006: 55) y a su vez pueden ser agrupados en niveles. En cuanto al análisis del funcionamiento del sistema complejo, Rolando García plantea que cada nivel requiere ser estudiado en niveles de análisis que están determinados por niveles de procesos (García, 2006: 151). Además, expresa que primeramente resulta necesario definir sus niveles de organización que estarán relacionados a distintos niveles de análisis (García, 2006: 189). Podemos llegar a la conclusión que el análisis del sistema al que se refiere el autor debe realizarse con enfoques específicos según los niveles que lo conforman, y en éstos, estudiar particularmente sus subsistemas y las relaciones teóricas e interpretativas que se generan en su estructura como una totalidad organizada que interactúa con el ambiente.

La Teoría de Sistemas constituyó un gran avance en la visión sistémica de la ciencia, pero la Teoría de los Sistemas Complejos incluye agrupaciones sistémicas que definen al sistema desde la complejidad al incorporar en su estructura jerárquica la continua interacción entre: niveles, subsistemas, elementos de los subsistemas (sub-subsistemas). El sistema puede mantenerse estable sin alterar su estructura bajo cierto grado de perturbaciones. Cuando estos disturbios son excesivos, el sistema se torna inestable y su estructura sufre alteraciones. En el caso de los estudios ambientales, resulta importante este constante proceso de reorganización sistémica, ya que permite detener o mejorar los procesos de deterioro y desorden del sistema.

Para la reconstrucción evolutiva de la estructura del sistema resulta indispensable un análisis sistémico basado en los estudios históricos (diacrónicos) de los procesos que inciden en la problemática analizada (García, 2006: 98). García agrega que: “El diagnóstico requiere una reconstrucción de la historia del sistema porque sólo a través de esta historia es posible interpretar lo que sucede actualmente” (García, 2006: 148). En otras palabras, la investigación interdisciplinaria comprende una primera etapa de diagnóstico en la que se reconstruye la historia de un período de tiempo y se conocen los

factores que conllevaron a la estructura del sistema en un momento dado. La segunda etapa incluye la definición de las modificaciones necesarias para la reorganización del mismo. Mientras que la tercera etapa constituye la propuesta final donde son incorporadas las transformaciones y como resultado se obtiene un sistema como una totalidad organizada, reconstruido y estable. Como consecuencia, se ha reformulado el sistema inicial que emergió de la etapa de diagnóstico para lograr un adecuado funcionamiento del mismo, revirtiendo el deterioro y solucionando de la problemática inicial.

García plantea: “Las partes y el todo en un sistema complejo interactúan de manera dialéctica” (García, 2006: 190). En aras de lograr una mayor claridad en lo planteado anteriormente, pudiéramos analizar el ejemplo de una vivienda social como sistema pertinente. La misma se compone de subsistemas como el envolvente, la estructura resistente e instalaciones. Éstos a su vez se componen de otros subsistemas: en el envolvente (límites y comunicación con el exterior, orientación, bioclimas, materiales, distribución funcional, entre otros); en la estructura resistente (sistema estructural) y en las instalaciones (servicios básicos, confort térmico, lumínico, acústico, electromagnético). Todos a su vez se encuentran en constante flujo e intercambio con el ambiente para su adecuado comportamiento climático. Cuando en la estructura del sistema o en alguno de sus subsistemas un proceso no funciona correctamente, implica un estado de desorden y perturbación. En este sentido, sería inevitable la incorporación de estrategias necesarias que logren un acondicionamiento climático adecuado capaz de generar mejores condiciones de habitabilidad a sus usuarios. El sistema se auto-organiza, se auto-regula y estabiliza desde una complejidad tal, que incluye al todo y cada una de sus partes en interacción permanente con el entorno.

Morin plantea que en la complejidad existe una relación interdependiente entre orden-desorden-organización, ya que los procesos desordenados en ocasiones son necesarios para lograr sistemas auto-organizados que contribuyen a elevar el orden en una organización complejizada (Morin, 2007: 94 y 150). La complejidad motiva el desarrollo del pensamiento y la necesidad de conocer considerando al ambiente.

Los aportes anteriores se han abordado en aras de contar con un sustento teórico, el cual ha sido aplicado en la presente investigación: en la práctica (trabajo de campo), metodología establecida, así como en la propuesta de las estrategias de diseño para lograr el acondicionamiento climático de la vivienda objeto de estudio-transformación, como sistema complejo interrelacionado con su entorno.

#### 1.4. Mundialización y globalización. Discursos ambientales

Nos encontramos en una nueva etapa de nuestras vidas, la modernidad<sup>10</sup>. El crecimiento poblacional, el uso irracional de los recursos naturales, la depredación y deterioro de las fuentes no renovables de energía, dan inicio a esta nueva época dónde la existencia humana se ve afectada. La Revolución Industrial, trajo consigo un notable desarrollo en todas las esferas de la sociedad; así como un uso irracional de los recursos naturales que provocaron el detrimento del medio ambiente y la crisis ecológica en la que estamos involucrados. Miriam Alfie la reconoce como modernidad reflexiva<sup>11</sup>, ya que cuestiona los daños y fenómenos heredados de la sociedad industrial, así como las decisiones a tomar actualmente en términos ambientales (Alfie, 2005: 16). Ante esta situación de riesgo ambiental en la que nos encontramos, como consecuencia de la Revolución Industrial, la modernidad reflexiva centra su análisis en la realidad compleja del mundo actual. Nos refleja la existencia de nuevas posturas, estrategias y buenas prácticas para frenar el deterioro ambiental de nuestros días.

Miriam Alfie expone que la mundialización<sup>12</sup> y la globalización<sup>13</sup> constituyen la base sobre la que emerge esta nueva etapa de la modernidad (Alfie, 2005: 16). La mundialización “es asumida como un proceso que pone en contacto a los seres humanos, los lugares, y que tiende a formar interconexiones entre ellos, de tal manera que las barreras ideológicas, económicas y hasta políticas tienden a disolverse” (Alfie, 2005: 17). La autora expresa que la mundialización es multicultural, defiende la integración aunque se preserve lo característico y particular, establece interconexiones entre lugares, sociedades y culturas gracias al desarrollo de la tecnología y los medios de comunicación (Alfie, 2005: 18 y 20). Por consiguiente, la mundialización se relaciona con las transformaciones socio-culturales, poniendo la economía mundial a disposición de la sociedad actual. Ésta no promueve el equilibrio ni la igualdad equitativa, sino que enfatiza

---

<sup>10</sup> **Modernidad:** proceso inacabable, modernidad que se refleja y muestra características perversas, consecuencias no previstas, imaginarios no pensados. Constituye una serie de transformaciones que originaron el mundo contemporáneo de hoy (Alfie, 2005: 16).

<sup>11</sup> **Modernidad reflexiva:** significa no sólo la reflexión sino la autoconfrontación de la modernidad consigo misma. Una mirada interna a las consecuencias perversas desatadas por la modernidad industrial (Alfie, 2005: 61).

<sup>12</sup> **Mundialización:** “es el encuentro, la formación de una aldea global en la que podemos comunicarnos con otros por Internet, acceder a información desde lugares lejanos, interconectarnos con espacios virtuales y adquirir formas de conocimiento en las que la imagen cobra un lugar preponderante, único” (Alfie, 2005: 21).

<sup>13</sup> **Globalización:** es el resultado de ideas predominantes con un enorme poder geo-económico e intereses geo-políticos, decisiones políticas y económicas. Resalta la integración económica, política y cultural que provoca diferencias y es experimentada particularmente en cada espacio, localidad (Alfie, 2005: 19 y 22).

las simetrías y la interdependencia (Alfie, 2005: 20). La mundialización, por una parte genera ventajas en la comunicación a distancia y la divulgación cultural, pero además promueve el divorcio del contacto físico, de la socialización entre las personas.

El proceso de mundialización desata dos procesos: la globalización y la localización (Alfie, 2005: 20). La globalización nos consume a todos, ya que comprende todos los cambios que se han generado en la actualidad; pero por sí sola no dará lugar a un mundo equilibrado. “Implica una totalidad problemática, compleja, contradictoria, abierta, y principalmente, en movimiento” (Alfie, 2005: 47). A diferencia de la mundialización, la globalización se concentra en el campo económico fundamentalmente, pero ambas son procesos que definen la dinámica mundial actual.

La globalización puede ser explicada desde diferentes ámbitos, en nuestro caso nos compete la ambiental. Este espacio de la globalización contempla los retos a asumir por los ecosistemas frágiles y dañados de nuestro planeta, así como los riesgos ambientales de carácter global a los que estamos expuestos (Alfie, 2005: 27). Dichos riesgos tienen un carácter global, ya que los seres humanos hemos provocado una creciente degradación del medio ambiente; lo que demanda una acción conjunta en aras de salvar la Tierra y a toda la humanidad. Ulrich Beck, plantea que “la globalización va unido a lo local [...]. Propone, entonces, la construcción del término gloca” (Alfie, 2005: 91). Nadie está exento de las consecuencias que genera la explotación desmedida del entorno. Los impactos ambientales negativos son sufridos por las personas, las ciudades y nuestro planeta a nivel global. En la problemática ambiental actual debe accionarse desde lo global, y de manera diferenciada, en lo regional y local.

Los daños ambientales han llegado a alterar, de manera directa, el desarrollo social (Alfie, 2005: 28). Las personas habitan las ciudades, las construyen para desarrollarse socialmente; de ahí su importancia de vivir en espacios seguros, accesibles y equilibrados con el medio ambiente. Una de las problemáticas, a nivel social, que tiene nuestro planeta es la desigualdad existente entre los continentes y países que lo conforman; los ricos son cada vez más ricos y los pobres son más pobres. ¡Que diferente serían nuestras vidas si pensáramos en un mundo equitativo!, en el que la igualdad social se considere como parte de nuestras vidas y no como un objetivo a lograr. Sin dudas, esta forma de pensar y actuar cambiaría nuestras vidas. No tendríamos que pensar en promover políticas, prácticas y leyes que reduzcan la presente desigualdad. De esta forma se lograrían ciudades más equitativas que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas y al aumento de su



capacidad de adaptación al ambiente. Por lo que es necesario asumir una conciencia comprometida con el desarrollo de un mundo equilibrado, que vaya de la mano con la naturaleza.

William McDonough y Michael Braungart plantean que “La industria humana ha funcionado a pleno rendimiento apenas algo más de un siglo, pero ha provocado el declive de prácticamente todos los ecosistemas del planeta [...]. Los autores expresan que toda la sostenibilidad, al igual que la política, es local; aunque desde mi punto de vista debe partir de lo global a lo local. “La idea de la sostenibilidad local no se limita a los materiales, sino que comienza con ellos” (McDonough y Braungart, 2005: 119). En temas de arquitectura, el uso de materia prima local disminuye los costos de transportación y logística, lo que se traduce en mayores beneficios económicos y menores impactos ambientales. Además, permite contar con edificaciones tradicionales, por el uso de materiales y técnicas constructivas propias de la zona donde se localice el inmueble. En este sentido, Daniel Goleman plantea que “las reliquias de ladrillo y mezcla de épocas antiguas que dominan la gran mayoría de los edificios de cualquier ciudad representan la oportunidad inmediata más grande para que el sector de bienes raíces se vuelva ecológico” (Goleman, 2009: 137). Lo antes expuesto demuestra la necesidad de un cambio en nuestra forma de concebir la arquitectura, incluso nuestras viviendas. Debemos romper con los estereotipos contemporáneos y retomar los elementos positivos de la arquitectura tradicional o vernácula, ya que nos ha demostrado la concepción de ciudades más sanas, ecológicas y económicamente viables.

“Imaginemos un edificio como un árbol, una ciudad como un bosque” (McDonough y Braungart, 2005: 133). Es preciso analizar todos los aspectos involucrados, desde los recursos naturales disponibles hasta los aspectos técnicos y estéticos. Es imprescindible planificar y proyectar un hábitat futuro que nos permita lograr una mejor calidad de vida con menores consumos de energía, sin aumentar significativamente el uso de otros recursos tecnológicos, económicos y materiales. El futuro de nuestro planeta está en nuestras manos, fundamentalmente en las generaciones más jóvenes como la nuestra. Es imprescindible crear conciencia de la problemática actual en los más pequeños, pues éstos transmitirán sus ideales a las generaciones futuras. Contamos con las herramientas, conocimientos y posibilidades para lograr una vida y un planeta más sano; pero nos corresponde ahora a nosotros, como protagonistas de esta historia, lograr resultados favorables que sean irreversibles en el tiempo.

Como hemos mencionado anteriormente, la crisis ambiental de carácter global que existe en el mundo contemporáneo nos pone en riesgo a todos. En este caso, el deterioro ambiental no puede seguir siendo analizado con el enfoque del antiguo paradigma. La gran controversia entre las diversas posturas que presentan los discursos ambientales, con una visión ecológica profunda del nuevo paradigma de la complejidad, tienen un objetivo en común: la solución a la problemática ambiental. En cuanto a los discursos ambientales, Miriam Alfie aborda la clasificación elaborada por John Dryzek (1997) que combina la posición política asumida por cada uno y las soluciones frente al deterioro (Alfie, 2005: 171). La siguiente tabla resume lo antes expuesto (tabla 1):

**Tabla 1.** Clasificación de los discursos ambientales

POSICIONES POLÍTICAS Y SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS AMBIENTALES			
REFORMISTAS		RADICALES	
<b>REALISTAS</b>	<b>Solución a los problemas ambientales</b> , propone varias soluciones: burocráticas, democráticas y de mercado	<b>Supervivientes</b> Club de Roma	
<b>IMAGINATIVOS</b>	<b>Sustentabilidad</b> (Desarrollo Sustentable)	<b>Radicalismo verde</b>	
		<b>Romanticismo verde</b>	<b>Racionalismo verde</b>
		-La Deep Ecology (Ecología Profunda) -El eco-feminismo cultural -Biorregionalismo -La eco-teología, con Capra -El eco-comunalismo, con Lovelock	-Los europeos verdes -Social Ecology (Ecología Social) -Justicia ambiental -Eco-feminismo social -Biorregionalismo como programa político -Verdes de izquierda

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Alfie, 2005: 170 - 199).

Todos los discursos parten de las consecuencias heredadas de la Revolución Industrial y a partir de sus posiciones plantean las soluciones al problema ambiental basados en la ecología profunda, ecocéntrica por naturaleza. La explicación de todas las posturas ambientales no es objeto de la presente investigación. Por consiguiente, nos centraremos en explicar básicamente las características de la Ecología Profunda que incluye el discurso de los Supervivientes; con el que me identifico y demuestra la problemática fundamental del objeto de estudio en la presente investigación.

A principios de los años setenta, Arne Naess, funda una escuela filosófica que desarrolla un movimiento conocido como ecología profunda. La intención de este filósofo noruego era aislar la ecología superficial de la profunda (Capra, 1998: 29). Pudiéramos preguntarnos, ¿por qué querría hacer dicha distinción entre las ecologías? Resulta, que la ecología superficial tiene un carácter antropocéntrico, en el que el ser humano es el centro

del universo y utiliza a la naturaleza como un instrumento para satisfacer sus necesidades. En cambio, la ecología profunda es ecocéntrica, ya que los seres humanos y su entorno natural se relacionan estrechamente sin jerarquías ni preferencias. “En la naturaleza no hay un arriba ni un abajo ni se dan jerarquías. Sólo hay redes dentro de redes” (Capra, 1998: 55). Precisamente vivimos en una ciudad, un país y un mundo en el que como individuos nos relacionamos a partir de redes o conexiones. Estamos inmersos en éstas, dependemos de la naturaleza y el entorno donde nos desarrollamos. Justamente desde el siglo XX se ha producido el cambio desde el paradigma mecanicista al ecológico. En nuestros días, siglo XXI, continúa teniendo relevancia el nuevo paradigma con una percepción desde la ecología profunda que plantea una nueva visión del mundo, un cambio en nuestro pensamiento; del reduccionista al sistémico o medioambiental.

El discurso de los Supervivientes corresponde a la escuela de la Ecología Profunda. Nacen en 1970, a partir del surgimiento de *El Club de Roma* y tienen como postura: “si seguimos creciendo económicamente y demográficamente al mismo ritmo, la Tierra se enfrentará a sus propios límites” (Alfie, 2005: 172). Proponen la distribución equitativa del poder sin jerarquías, donde el control de la situación ambiental la tengan fundamentalmente los científicos con conocimiento del tema ecológico. Son radicales y realista (tabla 1) ya que con una visión global demuestran que los recursos naturales de nuestro planeta son finitos para el incontrolado crecimiento poblacional que existe en la actualidad. Plantean: “La necesidad imperiosa radica en el control demográfico pues, al crecer la población, ésta puede convertirse en el cáncer del planeta” (Alfie, 2005: 174). Esto nos demuestra lo pertinente que resulta contar con un equilibrio poblacional que se esté acorde con los limitados recursos naturales existentes. “La raíz de nuestros problemas con el medio ambiente procede del crecimiento incontrolado de la población” (Lovelock, 2007: 204). En mi modesta opinión, que coincide con otros autores y ecologistas, nuestra meta estaría en limitar el número de población. La Tierra es finita, tiene límites en su capacidad de soporte en todos los sentidos, lo que correspondería a contar con una cifra límite de habitantes que Gaia pueda satisfacer.

Precisamente me identifico con el discurso de los Supervivientes, ya que en la presente investigación constituye la causa que origina los problemas existentes en el diseño de las viviendas de interés social. Lo antes expuesto, implica una nueva postura ante la vida inmersa en el nuevo paradigma de la complejidad desde el diseño, con una visión sistémica y un pensamiento complejo que incluya diversas disciplinas. En los

próximos años, nuestro planeta no habrá crecido en su capacidad de generar recursos naturales ni fuentes renovables de energía, simplemente no crecerá. Seguirá siendo el mismo, con un mayor número de habitantes y mayor contaminación.

### **1.5. La arquitectura vernácula y la bioclimática en México, la vivienda social**

“Las viviendas vernáculas representan excelentes ejemplos de adaptación al clima y recursos de diseño bioambiental que modifican el clima natural exterior para mejorar las condiciones de confort” (Evans y de Schiller, 1991: 12). Este tipo de arquitectura se caracteriza por el uso de formas (expresión arquitectónica) y tipologías según el tipo de clima, de técnicas constructivas que responden a condiciones específicas y de materiales locales. A partir de un proceso tradicional de diseño, se logra el acondicionamiento climático de la construcción y la creación de espacios confortables para el ser humano.

En cuanto al aspecto formal y funcional, las viviendas vernáculas concebidas en climas cálidos subhúmedos se caracterizan por estar levantadas del suelo, sobre pilotes. Este criterio de diseño permite protegerlas de posibles inundaciones y de la humedad elevada de este tipo de clima, además favorece la circulación del viento. “La tipología típica es una vivienda de poca profundidad con barandas, techo inclinado a dos aguas con grandes aleros que ofrecen protección del sol, de la lluvia [...]” (Evans y de Schiller, 1991: 13). El diseño de estas viviendas favorece la ventilación cruzada en los espacios interiores, aspecto fundamental a garantizar en construcciones con estas características climáticas.

“El aprovechamiento de las características térmicas de los materiales disponibles localmente representa otra respuesta más de la arquitectura vernácula a las exigencias del clima” (Evans y de Schiller, 1991: 14). Los autores se refieren a la necesidad de seleccionar los materiales más apropiados según las particularidades climáticas de cada región y las estrategias de diseño que se propongan. Por ejemplo, en un clima cálido subhúmedo se requieren materiales con poca capacidad térmica, que no almacenen el calor, logrando el enfriamiento de los espacios interiores. Estas zonas generalmente presentan latitudes bajas, es decir, la cubierta recibe la mayor radiación solar; por lo que en este elemento se necesitan mayores espesores de materiales aislantes para lograr condiciones térmicas confortables. La arquitectura bioclimática es el resultado de la aplicación en épocas históricas de la arquitectura vernácula, logrando la climatización natural de los espacios construidos. Dicho de otra manera, las viviendas vernáculas

responden a las características propias del clima y constituyen un tipo de arquitectura que se adapta a las condiciones del lugar.

### **La arquitectura bioclimática en México**

La arquitectura bioclimática ha trascendido en México a partir de cuatro etapas fundamentales (inicio, auge, cambio y actualidad), desarrolladas desde 1950 hasta la actualidad, 2018 (ver anexo 1). En la primera etapa resulta esencial mencionar a Víctor Olgay, considerado el pionero de la arquitectura bioclimática, por sus aportaciones revolucionarias en el año 1963. Plantea el vínculo entre la vida y el clima, expresando “[...] un método a través del cual el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos específicos” (Morillón, 2011: 8). Olgay propone la interrelación de cuatro campos para lograr el equilibrio climático en el diseño de una vivienda: Clima, Biología, Tecnología y Arquitectura (Olgay, 1998: 11). Lo antes expuesto, demuestra la importancia del diseño basado en la relación Hombre - Naturaleza - Arquitectura.

El objetivo de las viviendas bioclimáticas es lograr una doble ventaja: ahorrar energía eléctrica y proteger el medio ambiente para crear óptimas condiciones de confort y bienestar a sus ocupantes. La arquitectura bioclimática tiene numerosas ventajas como la producción de energía limpia, el diseño creativo y responsable, la reducción de los residuos, el empleo de materiales aislantes y ecológicos como el bambú, establecer la correcta ubicación de las edificación para lograr agradables condiciones ambientales, su distribución funcional, la integración y uso de la vegetación, el diseño de las aberturas para el aprovechamiento óptimo de la luz solar, entre otros, resultan aspectos positivos que garantizan la eficiencia y la habitabilidad (ISAN, 2014). Además, aumenta la eficiencia energética, reduce el impacto ambiental y mejora el bienestar de los usuarios. También logra una mayor armonía entre el hombre y la naturaleza al utilizar su entorno y condiciones climáticas para dar solución a sus necesidades energéticas (Xiomara, 2010).

Sin embargo, no todos son aspectos positivos. También existen inconvenientes como: el uso de los materiales idóneos para este tipo de construcción, encontrar los profesionales adecuados para realizar diseños con estas características (ISAN, 2014). Otra de las desventajas es el sobrecoste y encarecimiento de la vivienda al contemplar en los diseños el uso de tecnologías activas, que incluyen todos los sistemas de control artificial; esto implica altos costos de inversión al inicio de la construcción. Refiriéndonos a la vivienda de interés social, es necesario tener en cuenta que el factor económico



podiera limitar su uso en este tipo de arquitectura. Con esto no se descarta la posibilidad de crear diseños que sean amigables con el medio ambiente. Otro de los inconvenientes resulta la poca aceptación por parte de los usuarios, debido al desconocimiento del tema bioclimático. “De igual forma que un ejemplo de edificio bioclimático busca amoldarse al tiempo del lugar de ubicación y sus características, los usuarios deben tener un comportamiento adaptativo” (Seguí, 2013). Esto implica que debe existir una modificación en la conducta y hábitos de las personas, para lograr una transformación cultural que se caracterice por una vida comprometida con el cuidado y protección del ambiente.

“La arquitectura bioclimática es una forma innovadora de entender la vivienda, utilizando tecnología convencional, suficientemente comprobada, sin aumentar los costos de ejecución, y aportando el valor añadido de unos materiales respetuosos con la salud de los ocupantes y con el medio ambiente” (Miliarium. Ingeniería Civil y Medio Ambiente, 2011). A partir de lo antes expuesto, podemos decir que para lograr un verdadero diseño bioclimático deben tomarse las adecuadas decisiones arquitectónicas, con el aprovechamiento de las condiciones ambientales que posibiliten la concepción de una edificación autorregulada térmicamente, debido tan sólo a su diseño.

### **La vivienda de interés social**

La tenencia de una vivienda digna es un derecho de todos los seres humanos y una obligación que tienen que asumir los gobiernos y demás instituciones, tanto nacionales como internacionales. En octubre de 2016, se celebró en Quito, Ecuador, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Sostenible (Hábitat III) para adoptar la Nueva Agenda Urbana. Ésta contempla aspectos fundamentales a poner en práctica en los próximos 20 años y se compone de tres principios básicos: no dejar a nadie atrás, mecanismos de economía urbana sostenible e inclusiva y sostenibilidad ambiental (Cabral, 2016: 1- 4). En esta Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para todos, se plantea que para el 2050 se espera que la población urbana mundial casi se duplique, por lo que la urbanización constituye una de las tendencias más transformadoras del siglo XXI.

México cuenta con una población de 119 millones 530 mil 753 de habitantes (figura 4.), según la Encuesta Intercensal de 2015 (INEGI, 2015) y de acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se calcula que podría llegar a 137 millones en 2030 (Foropolis México, 2016: 14). Se estima que la población urbana pasará de un 72.3% en

2010 a 83.2% en el año 2030 (Foropolis México, 2016: 2). El sector de la vivienda en México es un motor interno de crecimiento de la economía nacional, ya que aporta el 14% al PIB (México La Nueva Agenda Urbana, 2016: 3). Según el informe de INFONAVIT para Hábitat III, Ecuador 2016, “el 70% de las ciudades está conformado por viviendas, si mejoramos la vivienda mejoramos la ciudad” (INFONAVIT, 2016: 8). En la Conferencia de Hábitat III, México se pronunció por la consolidación de ciudades incluyentes, seguras y equitativas (Foropolis México, 2016: 14). La meta del Gobierno de México es construir viviendas dignas, con el objetivo de propiciarle a los mexicanos oportunidades de elevar su calidad de vida, con tranquilidad, seguridad y prosperidad.

En Hábitat III, México fue el primer país en implantar una política de sustentabilidad enfocada a la vivienda social en el marco de las Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés) (México La Nueva Agenda Urbana, 2016: 4). El Gobierno de México ha creado varios programas con el objetivo de impulsar el desarrollo de la arquitectura bioclimática, en el sector de la vivienda. Entre ellas, las NAMA promueven la eficiencia energética y la disminución del consumo de combustibles fósiles y del agua. Además, “genera y provee criterios técnicos y capacitación para asegurar que las tecnologías sustentables alcancen su máximo desempeño” (SEDATU, 2016: 11). Por otra parte, la Hipoteca Verde “es un mecanismo para el financiamiento de ecotecnologías que mitigan la emisión de gases invernaderos en el país” (SEDATU, 2016: 12). A partir de un monto adicional al crédito hipotecario, el usuario puede adquirir una vivienda con tecnologías que permiten disminuir los consumos de agua y energía (luz y gas). De igual forma, ECO CASA constituye una Sociedad Hipotecaria Federal que desarrolló el Programa de Cooperación Financiera para la oferta de Vivienda Sustentable en México, desde el año 2013.

Facilitar el acceso a una vivienda de calidad, constituye uno de los principales retos de la vivienda en México. En este sentido el INFONAVIT, fundado en 1972, acciona como organismo de servicio social que tiene entre sus objetivos “fomentar soluciones integrales de vivienda que mejoren la calidad de vida de los trabajadores, sus familias y comunidades, y que promuevan un desarrollo sostenible” (INFONAVIT, 2016: 15). A partir del 2000, el INFONAVIT se consolida como hipotecaria social y del 2001 al 2012 desarrolla un modelo basado en la participación local. Para el 2013, funciona como una institución financiera con sentido social, implementando un modelo de vivienda orientado al desarrollo de ciudades sostenibles. “El hogar de los mexicanos es la primera piedra de

la nación; el INFONAVIT tiene la titánica tarea de hacer país, casa a casa” (INFONAVIT, 2016: 21).

Estos programas e instrumentos desarrollan estrategias que representan un avance crucial para la arquitectura bioclimática orientada a la vivienda social. Ejemplos de viviendas con estas características se han desarrollado en Aguascalientes; León, Guanajuato; Acapulco de Juárez, Guerrero; Reynosa, Tamaulipas; San Luis Potosí; Cuernavaca, Morelos; Xalapa, Veracruz; Mérida, Yucatán; Guadalajara, Jalisco; entre otros. Resulta válido reconocer el esfuerzo por reconocer la vivienda en interacción con el ambiente, es el principal instrumento que nos permite satisfacer las necesidades del confort humano; pero no han sido generalizados a todas las clases sociales. Para lograr lo anteriormente expuesto, se requiere una amplia transformación del proceso de conformación del hábitat, con la concepción de diseños responsables que involucren criterios bioclimáticos.

La arquitectura para el desarrollo de una vivienda de interés social requiere de ingenio y economía (Herrera, 2005: 10). A partir del planteamiento anterior, un proyecto arquitectónico debe caracterizarse por un diseño en el que se manejen óptimamente los aspectos funcionales, estéticos, sociales, económicos y ambientales, con el fin de garantizar el adecuado confort de los habitantes. En este sentido, México está impulsando las reformas para construir un futuro mejor, aunque resta mucho por lograr en el diseño de viviendas bioclimáticas. Debemos convertirnos en los arquitectos de nuestro futuro, diseñando espacios habitables con responsabilidad social y conciencia ambiental. Aprovechemos las bondades que nos regala la naturaleza para construir un hábitat que se encuentre en armonía con el ambiente. La arquitectura bioclimática, en este sentido, constituye una herramienta valiosa para diseñar viviendas sociales aprovechando los recursos naturales que favorecen el confort y bienestar en la sociedad.

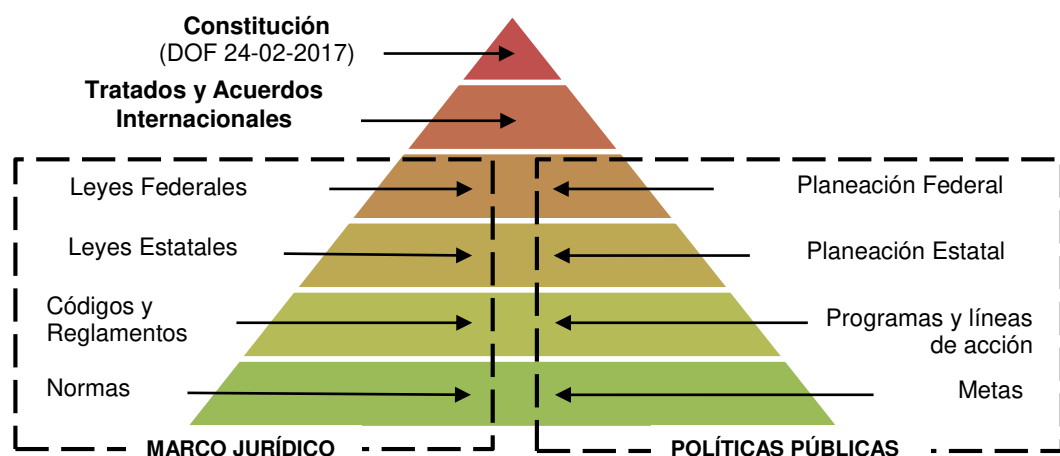
## **1.6. Política pública ambiental de México**

Desde el siglo pasado, inicios de los años 70's, México ha evolucionado en sus políticas administrativas sobre la gestión ambiental. En este tránsito se pueden distinguir tres etapas fundamentales. La primera etapa abarca la década de los años 70 y estuvo enfocada al mejoramiento de las condiciones sanitarias del ambiente y la población. En la segunda etapa, la política ambiental adquirió un enfoque integral basado en la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Mientras que, en la tercera etapa

dicha política adquiere un enfoque de desarrollo sustentable, en la cual se plantea “la necesidad de planear el manejo de los recursos naturales y políticas ambientales en nuestro país desde un punto de vista integral, articulando los objetivos económicos, sociales y ambientales” (Pérez, 2010: 91-92).

El marco legal o normativo de México se representa a continuación, en la pirámide de Kelsen (ver esquema 2). A la izquierda se plantean los instrumentos que conforman el marco jurídico, en orden jerárquico desde la Constitución. Mientras que, del lado derecho se encuentran las políticas públicas para la implementación ambiental, desde la planeación federal hasta la definición de metas (Ortiz, 2017: 40).

**Esquema 2.** Marco normativo de México, pirámide de Kelsen

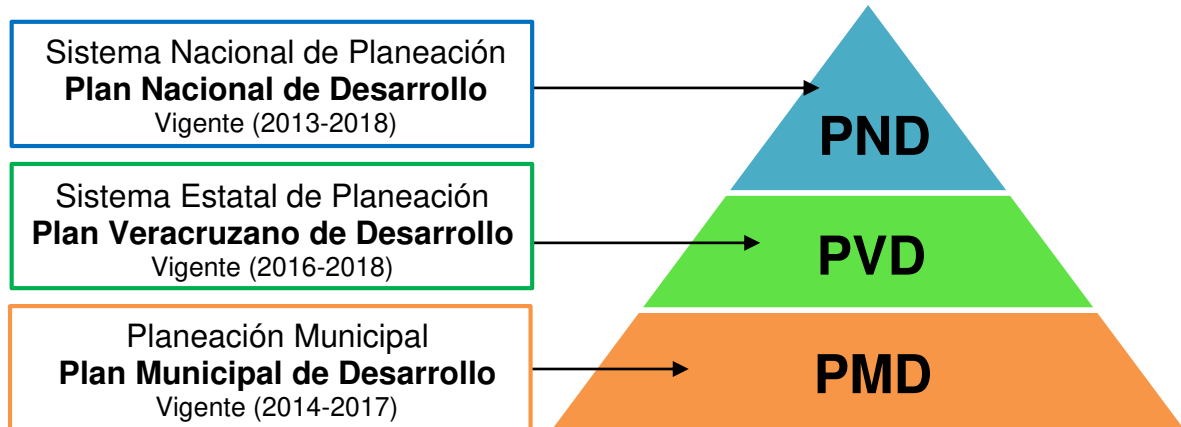


Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Ortiz, 2017: 40).

El marco jurídico en México, en el Estado y municipio de Veracruz se aborda en el anexo 2. Referente a las políticas públicas, retomando el esquema 2, el Sistema Nacional de Planeación (SNP), constituye el mecanismo legal por el cual el gobierno federal establece sus políticas y acciones según las administraciones de seis años de presidencia. Vincula a las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal y municipal con los organismos de los sectores social y privado. A partir de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se formalizan los programas sectoriales y proyectos que conforman el Plan Nacional de Desarrollo (PND). Aunque dichos programas no se relacionan directamente con las edificaciones sustentables, sí plantean políticas que favorecen el uso de tecnologías limpias y mecanismos de protección al medio ambiente (Ortiz, 2017: 43). Los resultados de la Planeación Nacional se reflejan en los Planes de

Desarrollo de los tres niveles de gobierno. En el siguiente esquema se ha considerado el Estado y Municipio de Veracruz, como niveles relacionados con la investigación.

### Esquema 3. Planes de Desarrollo en los tres niveles de gobierno



Fuente: Elaboración propia con base en información de (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal, 2017: 5).

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) (2013-2018), del actual gobierno, tiene como objetivo general: “llevar a México a su máximo potencial” (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018a, 2013: 10). Cuenta con cinco metas que establecen acciones específicas para alcanzar los objetivos propuestos. En la meta II. México Incluyente, se plantea el objetivo 2.5. de “Proveer un entorno adecuado para el desarrollo de una vida digna” (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018a, 2013: 119). El PND señala el deseo e intención de impulsar un crecimiento verde incluyente que preserve nuestro entorno natural y social, mediante la implementación de una política integral de desarrollo vinculada a la sustentabilidad ambiental.

El Sistema Estatal de Planeación, en este caso para el Estado de Veracruz, se encarga de articular y vincular el proceso de planeación del desarrollo del Estado, con los proyectos y acciones de los tres niveles de gobierno. A partir del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y la Constitución Política del Estado de Veracruz (última reforma, Gaceta Oficial del Estado del 4 de noviembre de 2016), se conforma el Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD) (2016-2018) y los Programas Sectoriales, Especiales y Regionales en cortos, medianos y largos plazos (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal, 2017: 10-12). El PVD (2016-2018) (última reforma, Gaceta Oficial del Estado No. 476 del 29 de



noviembre de 2016), plantea consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar ciudadano, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental; para reorientar con criterios sustentables los programas de mejora de viviendas (Gaceta Oficial del Estado, 2017: 1).

Respecto a la Planeación del Desarrollo Municipal, tiene los siguientes principios fundamentales: “Promover la participación y conservación del medio ambiente. Promover el desarrollo armónico de la comunidad municipal” (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal, 2017: 17). El Plan Municipal de Desarrollo (2014-2017), de Veracruz, plantea el desarrollo integral y sustentable del municipio, desde lo local, en todas las dimensiones: gobierno, cultural, social, ambiental y económica; para impulsar el progreso y bienestar de la ciudadanía (H. Ayuntamiento de la Ciudad y Puerto de Veracruz, 2014: 21 y 70). Dicho plan se rige por la Ley No. 9 Orgánica del Municipio Libre del Estado de Veracruz (última reforma, Gaceta Oficial del Estado No. 522 del 30 de diciembre de 2016) y se vincula con los Planes de Desarrollo Nacional y Estatal para proponer los Programas Sectoriales y Especiales de carácter municipal.

El Plan Municipal de Desarrollo (PMD) de Veracruz plantea cinco ejes estratégicos, de los que se estudiaron dos de ellos por su relación con la vivienda y el medio ambiente. Analizados los ejes 2. Desarrollo social incluyente y el 4. Desarrollo ambiental sustentable (H. Ayuntamiento de la Ciudad y Puerto de Veracruz, 2014: 117, 121 y 122), se puede notar que en ninguno de sus objetivos y líneas estratégicas se aborda la necesidad de que los programas sociales de viviendas, promuevan proyectos que se integren al ambiente para generar óptimos niveles de habitabilidad a los usuarios. Se reconoce la intención del PMD en concebir la dignificación de la vivienda y la conservación del entorno natural con un enfoque sustentable característico de la actual política ambiental en México. Pero, se necesita mirar al pasado y retomar los principios de la arquitectura vernácula en el diseño de viviendas de interés social. La incorporación de estrategias bioclimáticas será de gran beneficio para la concepción de un hábitat integrado al ambiente con niveles de habitabilidad y confort adecuados para el desarrollo de la sociedad.

# Capítulo 2



## CAPÍTULO 2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

En el presente capítulo se propone la metodología que será aplicada para la definición de las estrategias necesarias a incorporar en la vivienda de estudio, con el objetivo de lograr su acondicionamiento climático. En este sentido, se analizan diversos autores en aras de conformar la metodología para el diseño bioclimático, basada en referentes teóricos y metodológicos. Dicha metodología, propuesta en la presente investigación, puede ser aplicada como instrumento para el diseño bioclimático, en otros estudios y proyectos de cualquier región o país, según sus características climáticas.

### 2.1. Referencias metodológicas

Se analizaron fuentes relacionadas con el bioclimatismo, que han generado conocimiento científico de trascendencia acerca del tema investigado. Seguidamente, se enuncian los autores que incidieron como sustento teórico y metodológico, (tabla 2):

**Tabla 2.** Referentes teóricos y metodológicos para la metodología propuesta

Autores	Referentes teóricos y metodológicos para la propuesta de la metodología
<b>De Víctor Olgay (1998).</b> Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El análisis de los elementos climáticos del lugar escogido, como primer paso para la adecuación ambiental (Olgay, 1998: 10).</li> <li>-El análisis de las incidencias del clima en las sensaciones humanas, trasladar los datos del ambiente a una gráfica bioclimática o psicométrica (Olgay, 1998: 11).</li> <li>-La aplicación arquitectónica, adaptar la edificación a su entorno (Olgay, 1998: 12).</li> <li>-Las soluciones arquitectónicas a diferentes problemas climáticos, deberán seguir un método que se adapte a las necesidades prácticas de la construcción (Olgay, 1998: 32).</li> </ul>
<b>De Martín Evans y Silvia de Schiller (1991).</b> Diseño bioambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El diseño bioclimático involucra tres niveles de trabajo y análisis: clima, hombre, hábitat (Evans y de Schiller, 1991: 7).</li> <li>-El análisis de los datos meteorológicos del lugar es el primer paso para el diseño bioclimático. La relación clima-confort, señala pautas para el acondicionamiento climático del hábitat (Evans y de Schiller, 1991: 15 y 29). Aspecto que coincide con Víctor Olgay.</li> <li>-Tener en cuenta: tipo de clima, el confort (térmico), la trayectoria solar, vientos predominantes, tipos de materiales (características térmicas, la conductividad), iluminación y ventilación natural, etc. (Evans y de Schiller, 1991:15, 29, 43, 85, 105, 119 y 133).</li> </ul>
<b>De Víctor Armando Fuentes Freixanet (2000).</b> Metodología de diseño bioclimático	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tener en cuenta el análisis del sitio y el entorno (medio natural y artificial), análisis del usuario (confort térmico y requerimientos funcionales y espaciales), definición de estrategias de diseño (Fuentes, 2000: 16, 17 y 21).</li> <li>-Se deberán realizar tablas con usos y horarios de los espacios según los requerimientos funcionales y espaciales de la construcción (Fuentes, 2000: 17).</li> <li>-Definidas las estrategias de diseño bioclimático, se procede al realizar el anteproyecto arquitectónico, el cual es sometido a una etapa de evaluación y revisión de las estrategias y conceptos (Fuentes, 2000: 19).</li> </ul>
<b>De Fernando Tudela (1982).</b> Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La cantidad de calor metabólico que se produce por las actividades humanas en los espacios interiores, debe ser disipado; de no ser así se vería afectado el confort térmico de los usuarios. Resulta necesario el estudio de los usos y horarios de los espacios y la dispersión metabólica que se requiere (Tudela, 1982: 21-23).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con base en (Olgay, 1998), (Evans y de Schiller, 1991), (Fuentes, 2000) y (Tudela, 1982).



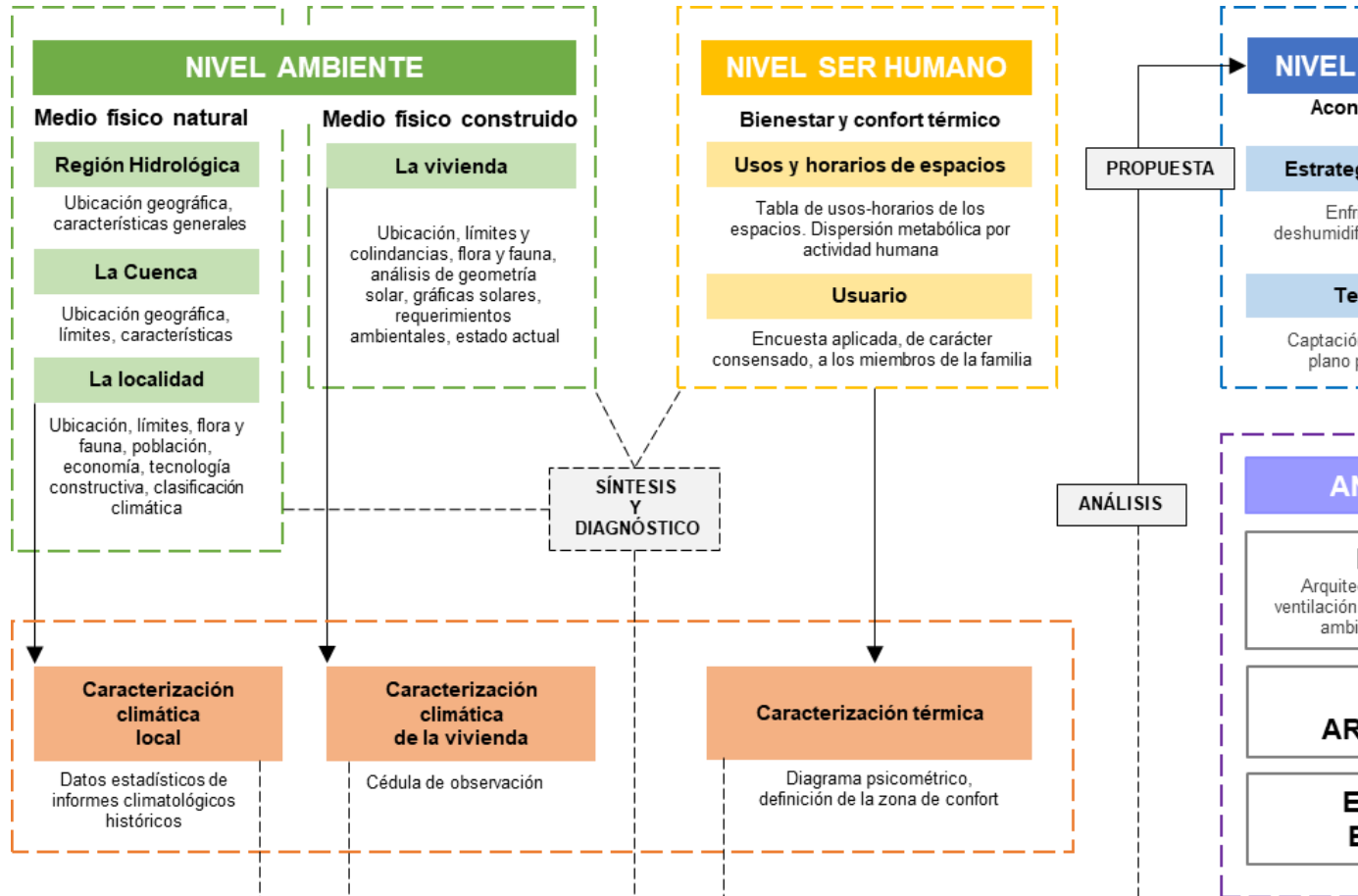
## 2.2. Propuesta metodológica de diseño bioclimático

El análisis documental de estas metodologías, permitió definir los elementos de análisis que conforman la propuesta metodológica para el diseño bioclimático en la investigación. Aspectos que están relacionados con el planteamiento del problema (clima-diseño, confort térmico-usuario y arquitectura bioclimática), en aras de combinarlos y generar un instrumento que permita aliviar la problemática y cumplir el objetivo general de investigación.

La propuesta se basa en la organización por niveles de análisis, característico del estudio de un sistema complejo (García, 2006: 189). Se han definido cuatro niveles fundamentales: nivel ambiente (análisis del medio físico natural y construido), nivel ser humano (análisis del confort térmico), nivel de caracterización climática (local, de la vivienda y térmica) y un cuarto nivel arquitectónico (acondicionamiento climático de la vivienda construida). Los tres primeros niveles constituyen la etapa de diagnóstico referente a estudios diacrónicos o históricos, para definir la raíz de los problemas. Incluye determinar los datos estadísticos de informes climatológicos históricos, observaciones directas en el campo con la aplicación de una cédula de observación (consultar tabla 3), mediciones en la vivienda y aplicación de encuesta.

Dichos niveles, antes mencionados, se componen de subsistemas que interactúan entre sí. Por ejemplo, en el nivel medio ambiente se analiza el subsistema medio físico natural que se conforma por los sub-subsistemas región hidrológica, cuenca y localidad; mientras que el subsistema medio físico construido está constituido por el sub-subsistema vivienda (objeto de estudio-transformación). En este caso, se manifiesta la epistemología constructivista planteada por Rolando García en el capítulo 1, con la construcción o desarrollo del conocimiento por niveles de procesos y análisis (García, 2006: 55 y 151). Además, se requiere conocer los parámetros de confort a satisfacer, por lo que se propone el estudio de los aspectos relacionados con el confort térmico en el nivel ser humano y la confección del diagrama psicométrico en la caracterización térmica. A partir de lo anterior, se proponen las estrategias bioclimáticas necesarias para una adecuada climatización en la vivienda de estudio, que constituye el nivel arquitectónico (esquema 4). La integración de las disciplinas (climatología, social y arquitectónica) en los niveles de análisis, refleja la relación entre Ambiente-Hombre-Arquitectura que plantea Víctor Olgyay.

**Esquema 4.** Propuesta metodológica de diseño bioclimático para la incorporación de estrategias bioclimáticas en la vivienda construida, objeto de estudio transformación



Fuente: Elaboración propia.

# Capítulo 3



## **CAPÍTULO 3. DEL MEDIO FÍSICO, NATURAL Y CONSTRUIDO DE VERACRUZ AL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA**

En el capítulo 3 se procede a la aplicación de la propuesta metodológica descrita en el apartado anterior. Resulta válido enfatizar que el presente estudio se desarrolla con un enfoque local desde lo global. Dicho de otra manera, se desarrolla como estudio de caso el acondicionamiento climático de una vivienda de interés social ya construida, con particularidades climáticas específicas, en aras de mejorar sus condiciones actuales a partir de una metodología para el diseño bioambiental que comprende un análisis de macro y microlocalización del objeto de estudio. El instrumento de diseño bioclimático propuesto, no sólo puede ser aplicado en esta investigación, sino que resulta apropiado para otros proyectos de viviendas nuevas y construidas como guía metodológica en el que se interrelacionen el entorno, el usuario y la arquitectura. A continuación, se desarrollan los niveles planteados en la metodología de diseño bioclimático propuesta por la autora.

### **3.1. Nivel ambiente. Medio físico natural y construido**

La zona de intervención se encuentra en Veracruz que constituye uno de los 212 municipios que conforman el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Este Estado se localiza al Centro-Este de los Estados Unidos Mexicanos, sobre el litoral del Golfo de México a 22° 27' latitud Norte y 98° 36' longitud Oeste. Es una de las 32 entidades federativas de la República Mexicana, con una superficie de 71.826 Km<sup>2</sup> que representa el 3.66% del territorio nacional (Martínez, 2015). Por su extensión territorial comprende una diversidad de climas predominantes: cálido subhúmedo (53.5%), cálido húmedo (41%), templado húmedo (3.5%), templado subhúmedo (1.5%), seco y semiseco (0.5%) y muy frío (0.05%) (Cuéntame de México INEGI s.f.).

El municipio de Veracruz tiene gran relevancia para el Estado de Veracruz Ignacio de la Llave pues cuenta con el puerto marítimo comercial más importante de México. Se localiza a 19° 12' latitud Norte y 96° 07' longitud Oeste, a 90 Km de distancia de Xalapa, capital del Estado. Este municipio presenta una altitud entre los 10 y 200 msnm y tiene una superficie de 71.826 Km<sup>2</sup>, ocupando el 0.34% de la superficie del Estado (INEGI, 2009: 2). Cuenta con una población de 609 964 habitantes según la Encuesta Intercensal 2015 de INEGI (Martínez, 2015). Cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (57% del municipio) y de mayor humedad (43%), (consultar

anexo 3). El rango de temperatura media anual es de 24 - 26°C y el de precipitación media anual de 1100 - 1600 mm (INEGI, 2009: 2).

La geomorfología está conformada por los siguientes aspectos:

- Fisiografía: en cuanto al relieve se caracteriza por tener zonas de lomerío con llanuras (56%) y de llanura aluvial costera (44%) (INEGI, 2009:2 y 5).
- Geología: corresponde al período Cuaternario (73%). Respecto a la clase de roca existen sedimentarias: arenisca - conglomerado (12%).
- Topografía: el suelo es aluvial (38%), eólico (22%), litoral (1%) (INEGI, 2009: 2).
- Edafología: suelo dominante vertisol (52%) y arenosol (21%) (INEGI, 2009: 2).

Especificadas las características fundamentales del Estado y municipio donde se encuentra la zona de estudio, para el análisis del medio físico natural partiremos de la región hidrológica hasta llegar a la vivienda objeto de estudio.

### 3.1.1. De la Región Hidrológica a la Sub-cuenca

En los estudios ambientales resulta necesario partir de lo global a lo local o particular. A continuación, se definen la Región Hidrológica Administrativa<sup>14</sup>, la Región Hidrológica<sup>15</sup>, la Cuenca Hidrográfica y la Sub-cuenca donde se localiza la vivienda de estudio (tabla 3). Para la determinación de la región, la cuenca y la sub-cuenca hidrológica, se utilizó el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas, SIATL Versión 3.2, de INEGI.

**Tabla 3.** Clasificaciones desde la Región Hidrológica Administrativa hasta la Sub-cuenca

Región Hidrológica Administrativa	Región Hidrológica	Cuenca Hidrográfica	Sub-cuenca
X Golfo Centro	RH28 Papaloapan	RH28B Río Jamapa y Otros	RH28Bc Río San Francisco- Puerto de Veracruz

Fuente: Elaboración propia con base en (SIATL Versión 3.2, 2018) de INEGI.

<sup>14</sup> **Región Hidrológica Administrativa:** La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) delimitó trece Regiones Hidrológicas Administrativas para facilitar la administración del agua. Debido a la necesidad de coordinación gubernamental, los límites de estas regiones se ajustaron a límites municipales. CONAGUA, cuenta con 13 regiones para la administración de las aguas en México (CONAGUA, 2016: 20).

<sup>15</sup> **Región Hidrológica:** de acuerdo a la CONAGUA, son áreas territoriales conformadas en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en las que se considera a la Cuenca Hidrológica como la unidad fundamental de análisis, tratándose de estudios ambientales. Una Región Hidrológica está compuesta por una o varias cuencas, representando los límites naturales de estas últimas (SEMARNAT, 2010: 90).

Las regiones hidrológicas y sus clasificaciones han sido detalladas en el anexo 4, con el objetivo de abordar en el presente documento las características generales y ubicación geográfica de la cuenca y sub-cuenca donde se localiza la zona de estudio.

**La Cuenca Hidrográfica:** la Región Hidrológica No. 28 Papaloapan (RH28) comprende dos cuencas hidrográficas: la RH28A Río Papaloapan y la RH28B Río Jamapa y Otros; éstas a su vez cuentan con diversas sub - cuencas. Nuestro caso de estudio se encuentra en la segunda (Cuenca Río Jamapa y Otros, RH28B) (SIATL Versión: 3.2, 2018). Localizada entre los 18° 45' y 19° 14' latitud Norte y entre 95° 56' y 97° 17' longitud Oeste. Tiene un área aproximada de 3912 Km<sup>2</sup> distribuida totalmente dentro del Estado de Veracruz. Es una cuenca de tipo exorreica ya que los escurrimientos confluyen y desembocan en el mar. Limita al Norte con la Cuenca RH27A Río Nautla y Otros, al Sur con la Cuenca RH28A Río Papaloapan, al Este con el Golfo de México y al Oeste con la Cuenca RH18A Río Atoyac (ver imagen 1).



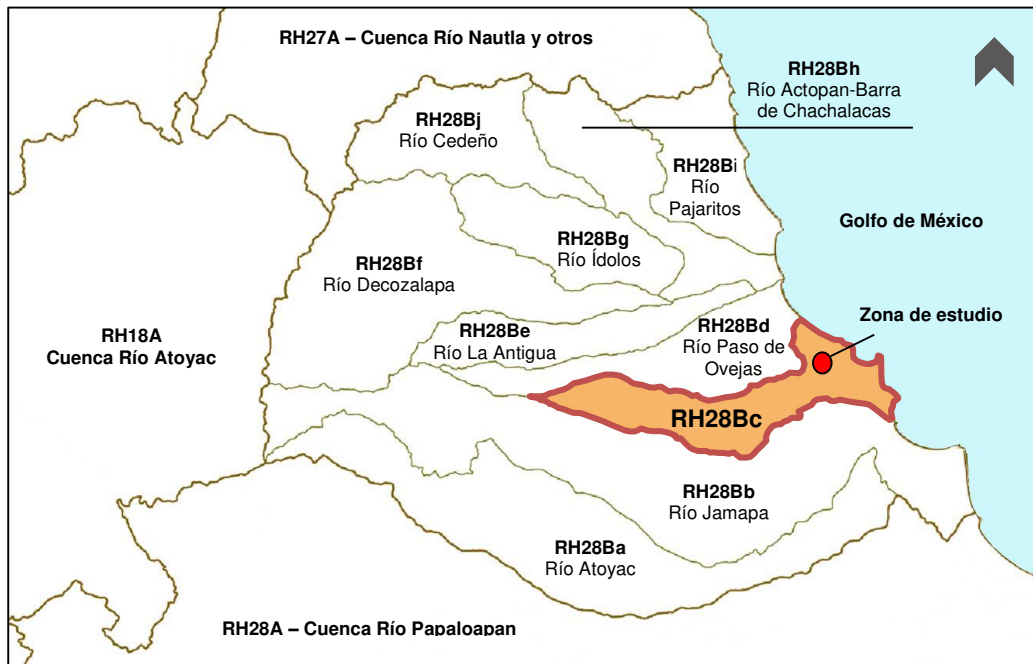
**Imagen 1.** Cuenca Río Jamapa y Otros RH28B

Fuente: Elaboración propia con base en (SIATL Versión: 3.2, 2018).

El río Jamapa lo forman dos corrientes que en su confluencia se conocen con los nombres de río Cotaxtla y Jamapa. Finalmente desemboca en el Golfo de México en la población de Boca del Río, Veracruz (Pereyra y Pérez, 2005: 88). El acueducto Veracruz-El Tejar conduce el agua para uso doméstico desde El Tejar, sobre el Río Jamapa, hasta la ciudad de Veracruz (Pereyra y Pérez, 2005: 89).

**La Sub- cuenca**, Río San Francisco-Puerto de Veracruz (RH28Bc), abarca el 79% del municipio de Veracruz. Limita al Norte con la Sub-cuenca RH28Bd Río Paso de Ovejas, al Sur con la RH28Bb Río Jamapa, al Este con el Golfo de México y al Oeste con la unión de las Sub-cuenas RH28Bd y la RH28Bb (imagen 2). Su red hidrográfica la componen principalmente: el Río Paso Limón, Río Chiquito, Río Grande, Río Medio, la Laguna San Julián, la de Lagartos y la de Las Conchas (SIATL Versión 3.2, 2018).

**Imagen 2.** Sub-cuenca Río San Francisco-Puerto de Veracruz RH28Bc



Fuente: Elaboración propia con base en (SIATL Versión 3.2, 2018).

### 3.1.2. La Localidad. Caracterización climática local. Conclusiones parciales

El Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, es considerado zona urbana. Tiene una superficie de 564 000 m<sup>2</sup> y está ubicado a 19.21 latitud Norte y -96.22 longitud Oeste, al Norte del municipio de Veracruz, Estado de Veracruz Ignacio de la Llave, México (ver anexo 5). Colinda al Norte con la Carretera Costera del Golfo que comunica el centro histórico del municipio de Veracruz con otros municipios por la Zona Norte; al Sur con el Fraccionamiento Colinas de San Jorge; al Este con el Boulevard Portuario, arteria vial que comunica la Carretera Costera del Golfo con la de Xalapa-Veracruz y al Oeste con los Fraccionamientos Geo Villas Rincón de Los Pinos II y La Herradura.

Localizado a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar, cuenta con 4141 viviendas habitables para una población de 12 840 habitantes, de ellos 6139 son hombres

y 6701 mujeres (Giovanelli, 2009). Un radio de 3 Km del Fraccionamiento Geovillas los Pinos está cubierta de tierra de cultivo (84 %) y superficies artificiales (16 %) mientras que un radio de 16 Km está compuesto de tierra de cultivo (58 %) y agua (33 %) (Weather Sparks s.f.). En cuanto al relieve, el fraccionamiento se encuentra en una llanura aluvial costera, sobre suelo aluvial del período Cuaternario y según su edafología es un suelo arenosol. Predominan los pastizales y áreas verdes, ya que se encuentra en una zona que ésta en desarrollo urbano, precisamente con viviendas de interés social correspondientes a la Empresa Constructora GEO (INEGI, 2009: 5, 8 y 9).

De acuerdo a la clasificación climática de KÖPPEN, modificado por Enriqueta García para las condiciones de México, el tipo de clima que corresponde al Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I es de tipo  $Aw_1$ . El tipo de clima  $Aw$ , cálido subhúmedo, se divide en tres subtipos atendiendo a su grado de humedad:  $Aw_0$  el menos húmedo,  $Aw_1$  el intermedio y  $Aw_2$  el más húmedo (García, 2004: 40). Esto quiere decir que es de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano,  $Aw_1$ , siendo el de humedad media de los subhúmedos. En este sentido, Enriqueta García plantea que según las estaciones meteorológicas con tipo de clima  $Aw_1$  en la vertiente al Golfo de México, la temperatura media anual se encuentra entre los 22 y 26°C, la del mes más frío sobre los 18°C y la precipitación promedio es de 1259.3 mm (García, 2004: 50 y 65). De igual manera refiere que la temperatura más alta se observa en el mes de mayo con 29°C y, la más baja, en enero con 22°C. El mes más lluvioso es septiembre con una precipitación de 290 mm aproximadamente y los meses más secos son enero y abril con 30 mm, así como febrero y marzo con 20 mm (García, 2004: 30).

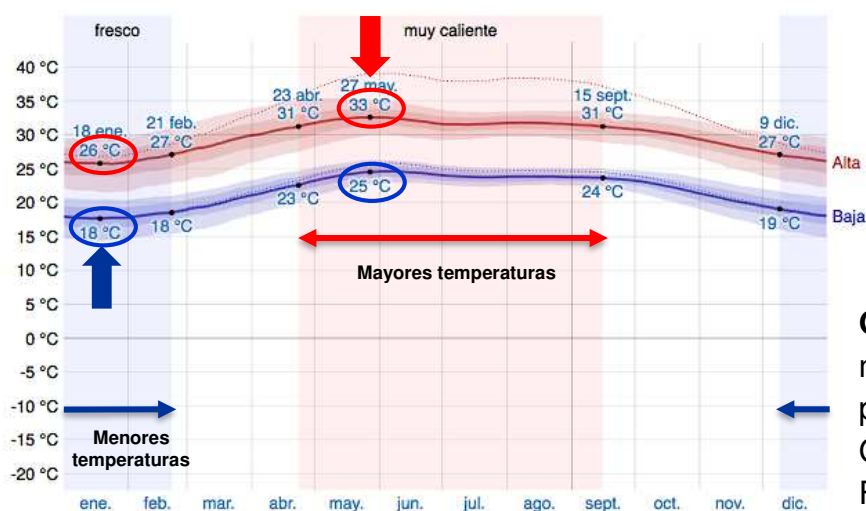
### **Caracterización climática local**

El análisis de los datos meteorológicos a nivel local constituye una etapa fundamental en el proceso de diseño bioclimático. La zona de estudio cuenta con 14 estaciones meteorológicas que pertenecen a distintos organismos o administradores. Las mismas fueron analizadas en aras de encontrar las más cercana al fraccionamiento, en este caso, fue la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional General Heriberto Jara ubicada a 9 Km de la vivienda. Se localiza a 19° 08' 45" latitud Norte y 96° 11' 14" longitud Oeste; a una altura sobre el nivel del mar de 27 metros. Además, existen diversos sitios Web que proporcionan datos históricos normalizados, tomando como referencia la estación meteorológica (MMVR) del Aeropuerto Internacional antes mencionada. Uno de éstos es

Weather Spark, el cual nos pareció lo suficientemente confiable ya que ilustra el clima típico del fraccionamiento, basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016.

“Los datos climáticos de una región deben analizarse según las características anuales de sus elementos constituyentes, es decir, temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos del viento” (Olgay, 1998: 11). A continuación, se muestran los datos históricos meteorológicos, proporcionados por Weather Spark, que ha tomado como base la estación (MMVR); del período comprendido entre los años 1980 al 2016.

*Temperatura:* el mes más cálido es mayo, registrándose una temperatura máxima promedio de 33°C. La temporada calurosa se extiende desde el 23 de abril al 15 de septiembre y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31°C. En cambio, el mes más frío es enero, con una temperatura mínima promedio de 18°C. La temporada fresca transcurre del 9 de diciembre al 21 de febrero y la temperatura máxima promedio diaria es menor de 27°C (Weather Sparks s.f.), (ver gráfico 1).



**Gráfico 1.** Temperatura máxima y mínima promedio para el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I  
Fuente: Weather Sparks.

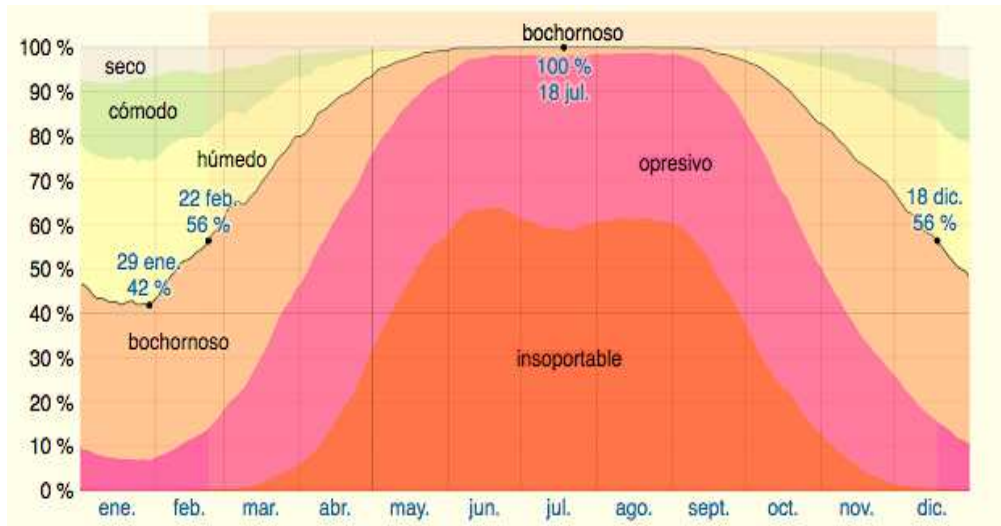
*Humedad relativa*<sup>16</sup>: esta fuente basa el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, el cual determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando de esta manera el cuerpo humano. Plantean que cuando los puntos de rocío son más bajos, se siente más seco; en cambio cuando son más altos se siente mayor humedad. El punto de rocío a diferencia de la temperatura cambia paulatinamente por lo que, en un día húmedo

<sup>16</sup> **Humedad relativa:** es una de las variables meteorológicas e indicador más útil para el diseño que influyen en la sensación de confort térmico. Es una forma más conveniente de indicar la cantidad de vapor de agua en el aire. A mayor por ciento de humedad relativa corresponde menos valor de temperatura y viceversa (Evans y de Schiller, 1991: 20).

aunque la temperatura descienda en la noche, estas horas serán húmedas igualmente.

El período más húmedo en el año dura 9.9 meses, del 22 de febrero al 18 de diciembre, siendo julio el mes con mayor por ciento de humedad llegando al 100%. El mes menos húmedo es enero, mostrando valores de humedad promedio del 42% (Weather Sparks s.f.), (ver gráfico 2).

**Gráfico 2.** Humedad relativa promedio mensual. Niveles de comodidad



Fuente: (Weather Sparks s.f.).

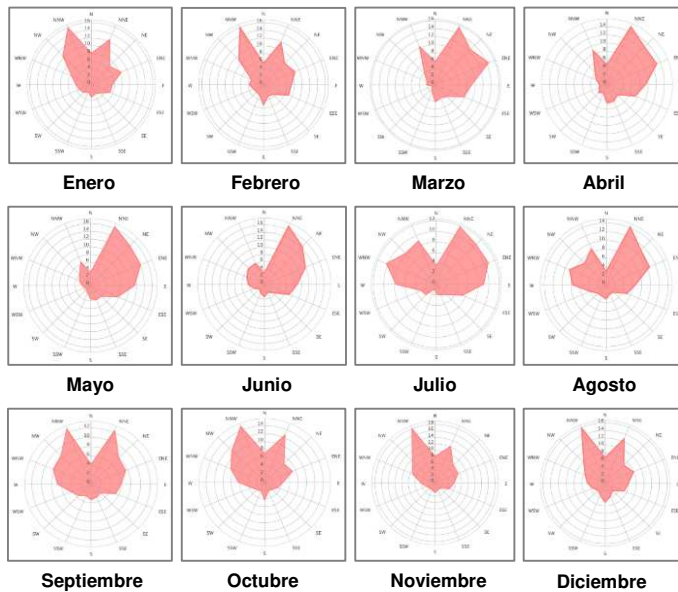
*Dirección y velocidad del viento*<sup>17</sup>: la velocidad del viento promedio en el fraccionamiento tiene variaciones estacionales en el transcurso del año. La etapa de vientos más fuertes se aprecia entre septiembre y mayo, con velocidades promedio del viento de más de 12.4 Km/h. Noviembre se registra como el mes con mayores velocidades, con un valor promedio de 15.6 Km/h. En cambio, en julio se aprecia la menor velocidad promedio del viento de 9.1 Km/h (consultar anexo 6, figura A-6.1).

Si analizamos la rosa de vientos<sup>18</sup> por meses en el fraccionamiento, la dirección del viento promedio anual proviene en orden de frecuencia del: NNE (Norte-Noreste, 13.8%), NNW (Norte-Noroeste, 11.9%) y ENE (Este-Noreste, 10.1%) (ver imágenes 3 y 4).

<sup>17</sup> **Viento:** “es un componente climático que se relaciona con el diseño de edificios, [...] y agrupamientos urbanos. Su aprovechamiento puede proporcionar un medio natural de refrescamiento en climas cálidos y húmedos [...]” (Evans y de Schiller, 1991: 85). En cuanto al diseño bioambiental, su análisis es condicionante en la arquitectura, para su aprovechamiento o su protección (Evans y de Schiller, 1991: 86).

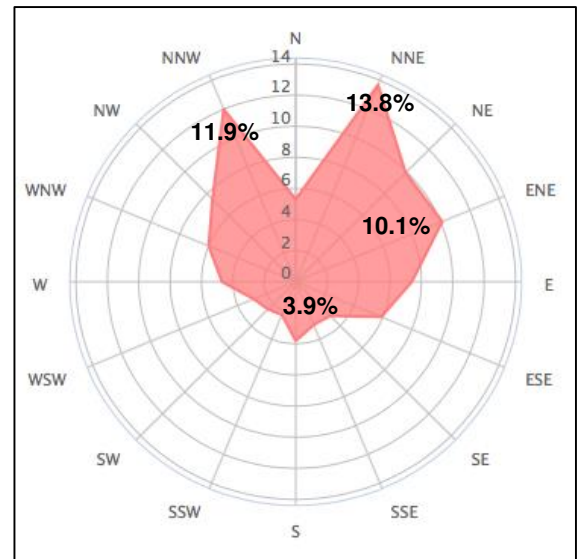
<sup>18</sup> **Rosa de vientos:** “indica gráficamente la proporción de vientos que proviene de cada dirección, permitiendo visualizar las orientaciones favorables para captar y aprovechar las brisas en épocas cálidas-húmedas [...]” (Evans y de Schiller, 1991: 88).

**Imagen 3.** Promedio por meses del viento dominante.



Fuente: Windfinder s.f.

**Imagen 4.** Promedio anual de la dirección dominante del viento.



Fuente: Windfinder s.f.

*Precipitación*<sup>19</sup>: se aprecia una variación considerable durante el año. La temporada más lluviosa transcurre del 1 de junio al 16 de octubre. Los mayores valores de precipitaciones se registran en el mes de septiembre con una acumulación total promedio de 263 mm; mientras que los menores se dan en marzo con 14 mm (Weather Sparks s.f.), (consultar anexo 6, figura A-6.2).

El tema de la *radiación, energía del Sol*, ha sido abordado en el anexo 6.

### Conclusiones parciales

El análisis histórico-climatológico local, de 1980 al 2016, en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I brindó elementos de interés para la propuesta de las estrategias bioclimáticas necesarias a incorporar en la vivienda de estudio. Sería válido señalar, que los elementos climáticos se interrelacionan demostrando su incidencia en el proceso de establecer las mejoras requeridas para el acondicionamiento climático de la vivienda, éstos son:

- *Temperaturas*: las altas temperaturas en la zona, fundamentalmente de abril a octubre, generan la necesidad de establecer estrategias bioclimáticas de enfriamiento para lograr el equilibrio térmico de la vivienda durante todo el año. Las construcciones

<sup>19</sup> **Precipitación**: se mide en milímetros (mm), normalmente las lluvias están relacionadas con la dirección del viento dominante, dato importante para el diseño bioambiental (Evans y de Schiller, 1991: 20).

deben ser capaz de aprovechar los vientos predominantes para garantizar espacios ventilados naturalmente.

- *Humedad relativa*: los altos por cientos de humedad registrados demuestran la necesidad de deshumidificación, aunque puede ser controlada con ventilación natural; que más allá de reducir la humedad también disipa el calor generado en los interiores.

- *Dirección de los vientos*: en los climas cálidos subhúmedos el movimiento del aire o las brisas constituye el elemento principal para alcanzar el confort térmico. El conocimiento de la dirección predominante NNE, NNW y ENE de los vientos (promedio anual), permite contar con criterios para la incorporación de recomendaciones bioclimáticas en aras de lograr la ventilación cruzada<sup>20</sup> apropiada para este tipo de clima; y reducir el efecto de la intensa radiación solar. En este sentido, algunos criterios arquitectónicos que pueden emplearse son: las ventanas o aberturas deben estar orientadas en estas direcciones favorables, ser horizontales y amplias para permitir el flujo de aire. Debe evitarse el uso del vidrio que afecta la disipación del calor interior y, cuando se requiera aumentar la velocidad del aire en los espacios, la abertura de entrada del viento debe ser menor que la de salida.

- *Precipitación*: los meses de junio a octubre son los más lluviosos, este dato es considerable para estrategias relacionadas con la implementación de sistemas captadores del agua pluvial. Mientras que de enero a mayo, noviembre y diciembre constituyen los meses de menores precipitaciones; lo que genera la necesidad de aprovechar los vientos predominantes, en estos meses, para disminuir la sensación de calor por la intensa radiación solar.

- *Radiación, energía del Sol*: se debe tener en cuenta la radiación que se percibe fundamentalmente del Sur y el Oeste en horas de la tarde. Las máximas temperaturas se suman a dicha radiación y su resultado es un fuerte impacto calorífico en comparación con las horas de la mañana; el cual se debe evitar. En este sentido, habría que pensar en estrategias de aprovechamiento del viento, así como de protección solar para las fachadas con dichas orientaciones en aras de disminuir los impactos solares desfavorables (uso de aislantes térmicos en muros, elementos arquitectónicos horizontales al Sur y verticales al Oeste). El aprovechamiento de la energía solar es vital

---

<sup>20</sup> **Ventilación cruzada**: “Con altos porcentajes de humedad se disminuye la evaporación de la transpiración, provocando molestias e impidiendo el refrescamiento en climas cálidos y húmedos. Bajo estas condiciones, el movimiento de aire facilita la evaporación sobre la piel, logrando una disminución deseable en la sensación térmica y reduciendo su humedad” (Evans y de Schiller, 1991: 91).

para el uso de sistemas solares<sup>21</sup> activos con la futura incorporación de un colector solar plano<sup>22</sup> en la vivienda.

### **3.1.3. La vivienda construida: estudio de caso. Caracterización climática, mediciones directas en la vivienda. Conclusiones parciales**

Como estudio de caso se plantea el análisis climático de una vivienda ya construida, con el objetivo de proponer las estrategias de diseño necesarias para su acondicionamiento climático. Las viviendas de este fraccionamiento son de interés social y fueron vendidas por el INFONAVIT en el año 2010, la Empresa Constructora fue GEO.

Se analizó el comportamiento de las variables establecidas en la metodología de la presente investigación (Idónea Comunicación de Resultados, ICR), combinando aspectos cuantitativos con un acercamiento a lo cualitativo a través de su observación directa. Lo antes expuesto nos permitirá contar con un diagnóstico de las deficiencias en cuanto al funcionamiento climático actual de la vivienda, como punto de partida para la propuesta de estrategias bioclimáticas en la misma.

La vivienda de estudio se ubica en el Boulevard Los Patos, No. 155, entre las calles Armadillo y Tortuga, en el Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, municipio Veracruz, Estado Veracruz Ignacio de la Llave, México (ver imágenes 5 y 6). Se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 12' 47.92" latitud Norte y 96° 13' 26.32" longitud Oeste, a 19 metros sobre el nivel de mar y cuenta con una superficie aproximada de 150 m<sup>2</sup>.

La vivienda mantiene el diseño típico que caracteriza la arquitectura del fraccionamiento, aunque ha sufrido transformaciones por la necesidad de ampliación: al frente para estacionamiento y al fondo donde fue reubicada la cocina (anexo 7). Colinda al Norte, Sur y Oeste con construcciones vecinas, lo que impide una ventilación cruzada en estas direcciones. Además, el Sol incide directamente en la fachada Sur (área de la cocina) y en la Suroeste, donde se encuentran dos de las recámaras en el segundo nivel.

---

<sup>21</sup> **Sistemas solares:** "Un sistema solar es aquel que efectúa una conversión térmica de la radiación incidente mediante el calentamiento de un cuerpo absorbente. Este fenómeno se acentúa al anteponer una superficie transparente que asegura una buena penetración de la radiación, disminuyendo las pérdidas por convección" (Evans y de Schiller, 1991: 136). Los sistemas solares pueden ser: pasivos (sistemas donde la transmisión de calor se realiza sin ayuda mecánica, a partir de corrientes convectivas naturales), activos (sistemas donde la transmisión de calor entre sus componentes se realiza mecánicamente) y semipasivos (Evans y de Schiller, 1991: 159).

<sup>22</sup> **Colector solar plano:** Constituye la aplicación más difundida de los sistemas solares en el calentamiento de agua, refrigeración de ambientes, entre otros. Permite alcanzar temperaturas del agua por debajo de 100°C (Evans y de Schiller, 1991: 160).

**Imagen 5.** Relación con el entorno inmediato, vivienda No. 155



Fuente: Google Earth, 2017.

**Figura 6.** Vivienda No. 155



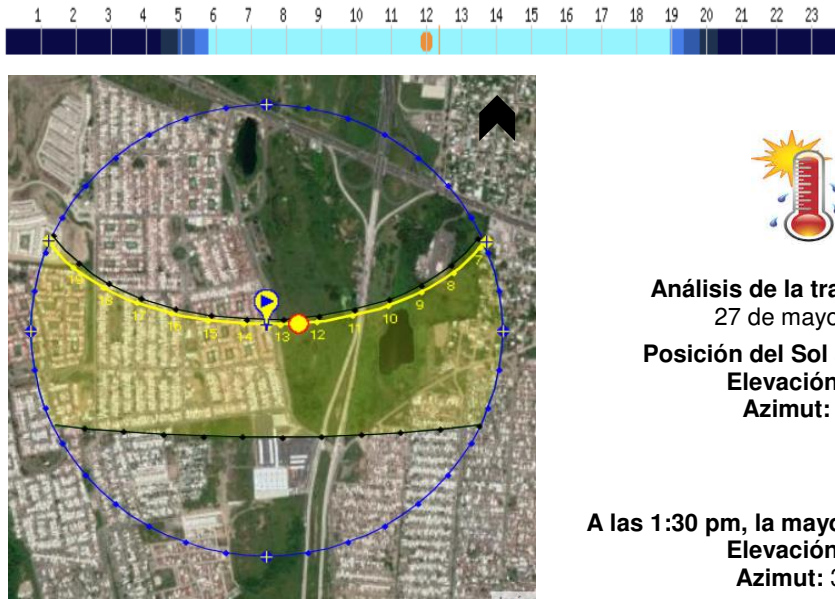
Fuente: Foto tomada por la autora. Fecha: febrero de 2018.

### **Análisis de la trayectoria solar**

Existen diferentes sistemas para proyectar la bóveda celeste imaginaria a partir del recorrido del Sol. En este caso, se utilizó la plataforma de Sunearthtools.com para modelar la trayectoria solar en la vivienda, llegando a calcular la posición del Sol y su duración en el día. Los días analizados corresponden al 27 de mayo, el más cálido del año y al 18 de enero, el más frío.

Este recurso informático nos permitió contar con la modelación de las gráficas y máscaras estereográficas sobre la imagen satelital de la vivienda (imágenes 7 y 8); las gráficas estereográficas se presentan en los anexos 8 y 9. Lo anterior permitió conocer la altura e inclinación del Sol, así como el azimut que define el ángulo medido verticalmente entre el Sol y un punto en el horizonte. En la salida y puesta del Sol, al Este y Oeste respectivamente, la altitud es de  $0^\circ$ ; su máximo valor se aprecia al medio día cuando su posición se encuentra cerca del Sur. Igualmente nos brinda la información de la elevación y el azimut en tablas por horas; en este caso, nos permitió conocer la hora en la que se encuentra el Sol con una mayor elevación o altura, según los días analizados.

**Imagen 7. Trayectoria solar. Máscara estereográfica.**  
27 de mayo de 2017



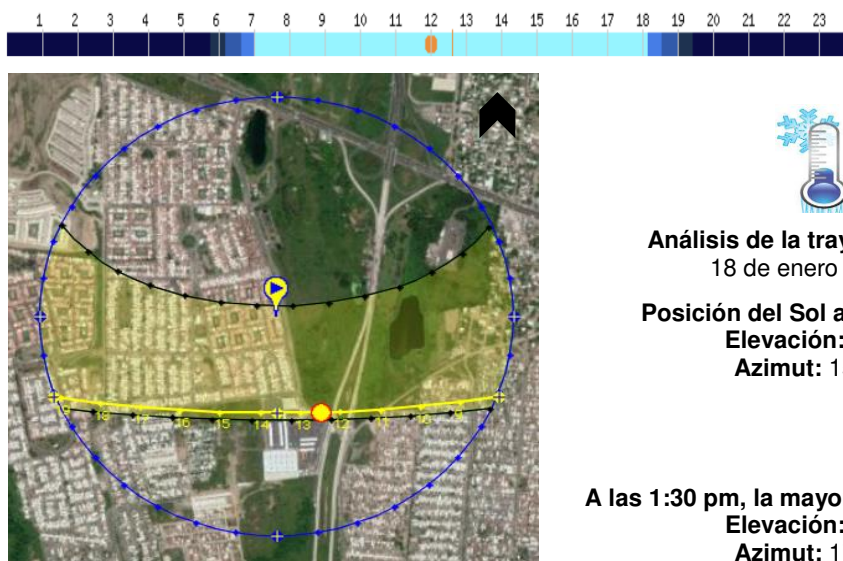
**Análisis de la trayectoria solar**  
27 de mayo de 2017

**Posición del Sol a las 12:30 pm:**  
Elevación: 77.59°  
Azimut: 77.57°

**A las 1:30 pm, la mayor elevación del Sol:**  
Elevación: 87.12°  
Azimut: 320.46°

Fuente: SunEarthTools.com.

**Imagen 8. Trayectoria solar. Máscara estereográfica.**  
18 de mayo de 2017



**Análisis de la trayectoria solar**  
18 de enero de 2017

**Posición del Sol a las 12:30 pm:**  
Elevación: 47.27°  
Azimut: 157.09°

**A las 1:30 pm, la mayor elevación del Sol:**  
Elevación: 50.38°  
Azimut: 177.98°

Fuente: SunEarthTools.com.

“En las regiones cálidas húmedas [...], el sol ataca los extremos este y oeste de las viviendas forzando su desarrollo según una planta estrecha y alargada” (Olgay, 1998: 90). Para un clima cálido húmedo la ubicación óptima es aquella que se desarrolla a lo largo de un eje con dirección Este-Oeste, con una forma rectangular; aspecto que cumple la distribución funcional en planta de la vivienda (Olgay, 1998: 88). El problema consiste


en que la radiación solar incide de manera directa en los espacios que tienen fachadas desde el Sur hasta el Oeste, donde la incidencia de los rayos solares es directa. En este sentido, habría que solucionar esta deficiencia con la incorporación de elementos de control solar, que a su vez permitan el flujo de aire hacia el interior de la vivienda.

### Caracterización climática, mediciones directas en la vivienda

En aras de conocer el comportamiento climático de la vivienda se diseñó una cédula de observación (véase anexo 10) para el registro de las mediciones de temperatura exterior, interior, humedad relativa, sensación térmica, entre otras variables analizadas. Dichas mediciones fueron realizadas con un equipo de gran precisión y uso profesional, Skywatch Geos No. 9 (anexo 11).

Se realizaron las mediciones en los horarios más críticos del día, en la tarde y en la noche. Esta decisión estuvo influenciada por los resultados de la encuesta realizada, en la que los habitantes de la vivienda planteaban que durante la tarde se sentía más calor y en la noche se tornaba más fresca. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (tabla 4), procesados en tablas y gráficas que permiten una mayor comprensión del comportamiento climático en dicha vivienda y las variables registradas en la cédula de observación (consultar anexo 10).

**Tabla 4.** Síntesis de la cédula de observación aplicada en la vivienda No. 155

<p><b>Orientación:</b> fachada principal al Este.  <b>Iluminación natural:</b> Regular.  <b>Ventilación natural:</b> Mala.  <b>Materiales</b>  Muros interiores: tabiques.  Muros exteriores: tabiques.  Ventanas: cristal y metal.  Puertas: metal (la del garaje y del acceso principal), cristal y metal, madera (acceso a dormitorios).  Pisos: gres cerámico.  Cubierta: hormigón armado y tejas de barro encima.  <b>Elementos de protección solar verticales:</b> no existen.  <b>Elementos de protección solar horizontales:</b> existen (aleros de 50 cm).  <b>Vegetación:</b> existe en el área del boulevard, al frente, pero no cumple función.  <b>Grado de confort:</b> Regular.  <b>Olores:</b> malos olores ocasionales, por la cercanía al basurero municipal.  <b>Ruido:</b> Aceptable, por los camiones y autos que transitan en el boulevard.</p>	 <p><b>Folio:</b> Vivienda No. 155.  <b>Dirección:</b> Boulevard Los Patos, entre Armadillo y Tortuga.  <b>Fraccionamiento:</b> Geo Villas Los Pinos I.  <b>Municipio:</b> Veracruz.</p>
---	---

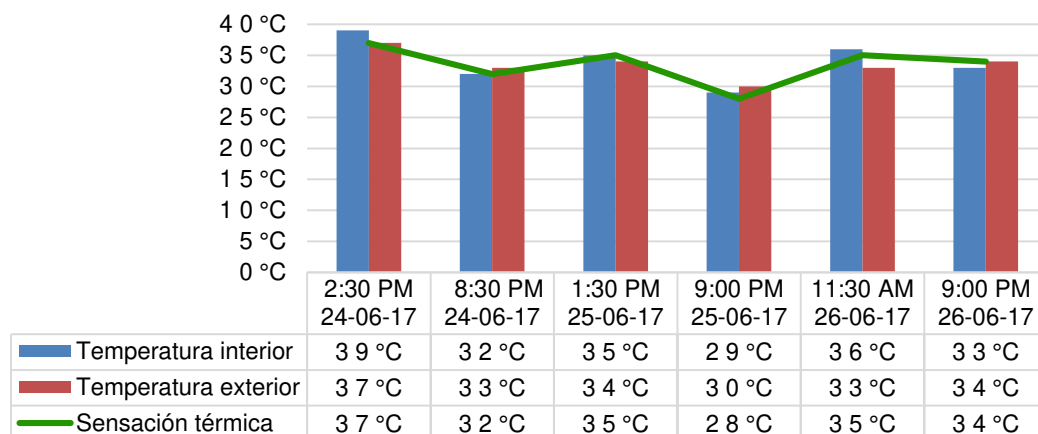
Continuación de la **Tabla 4**

<b>Mediciones de temperaturas y humedad relativa, solsticio de verano</b>						
<b>FECHA</b>	<b>24-06-2017</b>		<b>25-06-2017</b>		<b>26-06-2017</b>	
<b>HORA</b>	<b>2:30 PM</b>	<b>8:30 PM</b>	<b>1:30 PM</b>	<b>9:00 PM</b>	<b>11:30 AM</b>	<b>9:00 PM</b>
Temperatura interior	39 °C	32 °C	35 °C	29 °C	36 °C	33 °C
Temperatura exterior	37 °C	33 °C	34 °C	30 °C	33 °C	34 °C
Sensación térmica	37 °C	32 °C	35 °C	28 °C	35 °C	34 °C
Humedad relativa	58 % Soleado	84 % Lluvia	72 %	100 % Lluvia	83 %	74 %
<b>Mediciones de temperaturas y humedad relativa, solsticio de invierno</b>						
<b>FECHA</b>	<b>24-12-2017</b>		<b>25-12-2017</b>		<b>26-12-2017</b>	
<b>HORA</b>	<b>2:30 PM</b>	<b>8:30 PM</b>	<b>1:30 PM</b>	<b>9:00 PM</b>	<b>11:30 AM</b>	<b>9:00 PM</b>
Temperatura interior	31 °C	24 °C	30 °C	27 °C	29 °C	21 °C
Temperatura exterior	28 °C	25 °C	29 °C	24 °C	27 °C	23 °C
Sensación térmica	32 °C	27 °C	29 °C	28 °C	29 °C	24 °C
Humedad relativa	61 %	83 %	58 %	88 %	65 %	94 %

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en las mediciones realizadas por la autora.

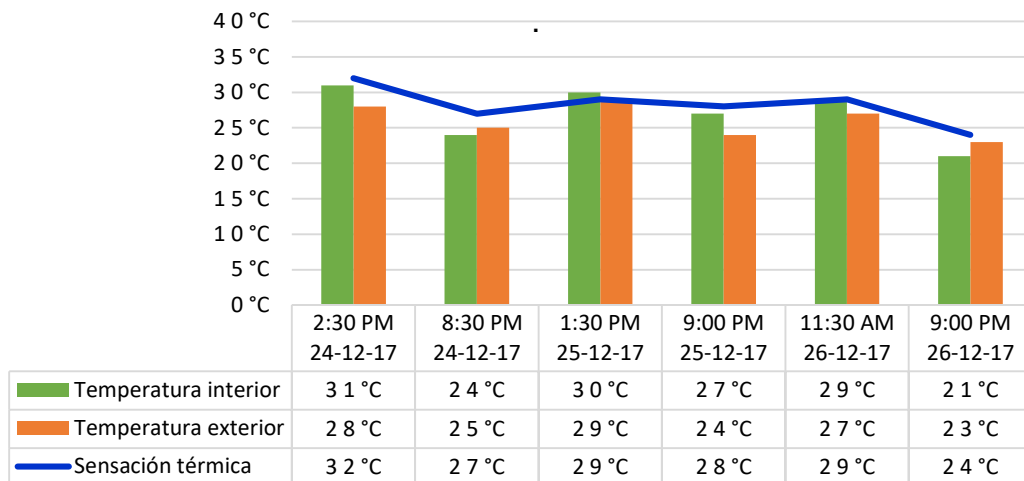
A partir del análisis de los datos obtenidos podemos apreciar que la temperatura interior, en los horarios comprendidos entre las 11:30 am - 2:30 pm (en la tarde), es mayor que la exterior; se aprecia un calentamiento de los espacios interiores. Por otra parte, en las noches la temperatura interior presenta valores menores a la exterior (excepto en el día 25 de diciembre a las 9:00 pm). Las siguientes gráficas (combinadas de columnas y línea) resumen de los datos obtenidos en las mediciones realizadas, (gráficos 3 y 4):

**Gráfico 3.** Temperatura interior, exterior y sensación térmica en la vivienda 155. Solsticio de verano



Fuente: Elaboración propia, con los datos obtenidos en las mediciones realizadas por la autora.

**Gráfico 4.** Temperatura interior, exterior y sensación térmica en la vivienda 155.  
Solsticio de invierno



Fuente: Elaboración propia, con los datos obtenidos en las mediciones realizadas por la autora.

Los usuarios para lograr mejores sensaciones de confort (más fresco), utilizan sistemas de ventilación mecanizada, que elevan los consumos de energía eléctrica. Resulta válido aclarar que las mediciones de temperatura interior se realizaron sin la presencia de sistemas mecánicos para la ventilación artificial.

Respecto a la humedad relativa, cuando los valores de temperatura exterior disminuyen, el por ciento de humedad es mayor. El día 25 de junio de 2017 se caracterizó por la ocurrencia de intensas lluvias, quedando registrados valores de humedad relativa del 100%. Víctor Olgyay plantea que la zona de confort deseado se encuentra entre el 30% y 65% de humedad relativa (Olgyay, 1998: 19). Como se aprecia en los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en la vivienda, se registran rangos desde el 58% al 100% de humedad relativa. Sin dudas, está muy por encima de lo establecido, demostrando la alta humedad que caracteriza este tipo de clima, cálido subhúmedo.

### Conclusiones parciales

Los datos obtenidos demuestran la necesidad, reiterada, de incorporar estrategias de enfriamiento térmico en la vivienda, que permitan estabilizar las temperaturas durante todo el día; evitando la sensación de calor en las tardes. Para esto, resulta crucial el aprovechamiento de las brisas en aras de lograr una adecuada ventilación (cruzada) y proteger las fachadas donde incida la radiación solar directamente. Los excesivos valores de humedad relativa, ratifican la propuesta de estrategias de deshumidificación.

### 3.2. Nivel ser humano. Bienestar y confort térmico

Como se pudo apreciar en los resultados de las mediciones realizadas, en la vivienda se aprecia una variación de temperatura<sup>23</sup> que influye en el adecuado confort térmico de sus usuarios. Lo anterior se demuestra con los rangos de temperatura obtenidos: desde 28 - 39°C en verano (junio) y de 21 - 32°C en invierno (diciembre).

Pero, ¿cuál es el rango de temperaturas que permiten lograr dicho confort? Según diversas fuentes analizadas, se recomiendan valores de temperatura a partir de las estaciones del año, 26°C en verano y 21°C en invierno (eadic, 2013: 5). Aunque se admite cierta variación de acuerdo a las características de los usuarios, la producción de calor metabólico<sup>24</sup> en dependencia de las actividades que realizan en los espacios y los valores de humedad relativa. En este sentido, los resultados obtenidos demuestran la necesidad de mejorar el comportamiento climático en la vivienda, para lograr niveles óptimos de habitabilidad y confort.

#### Espacios – usos y horarios

La producción de calor metabólico por el individuo depende de la alimentación, de una cierta cantidad de calor suministrado por su medio ambiente y de las actividades que realice (Tudela, 1982: 21). A continuación, se muestra la tabla de usos y horarios en los espacios de la vivienda, con la dispersión metabólica en función de la actividad realizada (tabla 5).

---

<sup>23</sup> **Variación de temperatura durante un día:** “Durante las horas de la noche, la superficie de la tierra pierde calor debido a la radiación hacia el espacio y la temperatura disminuye gradualmente hasta un valor mínimo en las primeras horas de la mañana, antes del amanecer. La intensidad de la radiación solar se incrementa desde la salida del sol hasta el mediodía aumentando la temperatura del aire. Sin embargo, la temperatura máxima corresponde aproximadamente a las 14 horas, dos horas después del mediodía (hora máxima de radiación), debido a la capacidad térmica de la tierra que sigue “absorbiendo” calor durante las primeras horas de la tarde. Después de las 14 horas, la temperatura promedio disminuye gradualmente hasta llegar a una mínima en las primeras horas del día siguiente” (Evans y de Schiller, 1991: 30).

<sup>24</sup> **Calor metabólico:** los procesos bioquímicos internos de los seres humanos generan energía térmica bajo forma de calor metabólico. “Este calor metabólico, se produce incluso cuando la actividad muscular se ve reducida al mínimo, debe ser oportunamente disipado; si no lo fuera, la temperatura del cuerpo subiría por encima de los estrechos límites dentro de los cuales es posible el correcto funcionamiento del organismo. [...] la actividad muscular incrementa considerablemente la cantidad de calor metabólico a disipar” (Tudela, 1982: 21 y 22). Se mide en Watts.

Tabla 5. Usos - horarios de los espacios. Dispersión metabólica

HORARIO - MAÑANA					
ESPACIO	Baño	Dormitorio 2	Sala	Cocina	Comedor, desayunador
USO	Aseo personal	Descansar y dormir	Hacer ejercicios	Preparar alimentos	Desayuno
ACTIVIDAD	De pie, trabajo ligero, principalmente con los brazos	Actividad física reducida al mínimo posible: Metabolismo basal	Trabajo físico constante e intenso	De pie, trabajo ligero que incluya algún desplazamiento	Sentado, movimiento moderado de los brazos y tronco
DISPERSIÓN METABÓLICA (W)	160 a 190	75	600 a 700	190 a 230	130 a 160
HORARIO - TARDE					
ESPACIO	Cuarto de estudio	Sala	Cocina	Comedor, desayunador	
USO	Estudiar	Estar y convivir	Preparar alimentos	Comida	
ACTIVIDAD	Sentado, movimiento moderado de brazos, tronco y piernas.	Sentado, movimiento moderado de brazos, tronco y piernas.	De pie, trabajo ligero que incluya algún desplazamiento	Sentado, movimiento moderado de los brazos y tronco	
DISPERSIÓN METABÓLICA (W)	160 a 190	160 a 190	190 a 230	130 a 160	
HORARIO - NOCHE					
ESPACIO	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Cocina	Comedor, desayunador
USO	Descansar y dormir	Descansar y dormir	Descansar y dormir	Preparar alimentos	Cena
ACTIVIDAD	Actividad física reducida al mínimo posible: Metabolismo basal	Actividad física reducida al mínimo posible: Metabolismo basal	Actividad física reducida al mínimo posible: Metabolismo basal	De pie, trabajo ligero que incluya algún desplazamiento	Sentado, movimiento moderado de los brazos y tronco
DISPERSIÓN METABÓLICA (W)	75	75	75	190 a 230	130 a 160

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Tudela, 1982: 22 y 23).

A partir de la tabla anterior, las estrategias de diseño bioclimático deben garantizar el adecuado equilibrio entre los usuarios (con las actividades que realizan), el entorno (medio físico) y la vivienda (construida). De esta manera se reduce la amplitud térmica evitando picos excesivos de temperatura, fundamentalmente en el verano.

### Usuario. Encuesta aplicada

El principal objetivo de la presente investigación consiste en lograr el acondicionamiento climático de la vivienda estudiada, a partir de la incorporación de estrategias bioclimáticas necesarias para alcanzar niveles óptimos de confort térmico en los usuarios. Los integrantes de la familia son: un menor de edad (9 años, estudia en la primaria), un adolescente de 18 años (estudia en la preparatoria), así como dos adultos con edades de 40 años (ama de casa) y 56 años (empleado en la iniciativa privada). Descrito el núcleo familiar, seguidamente se abordan los datos obtenidos de la aplicación de la encuesta realizada con carácter consensado entre los cuatro miembros de la familia; quienes vestían ropa ligera.

Los habitantes plantean tener conocimientos acerca del diseño bioclimático en viviendas; expresando que constituye “una opción para contribuir al cuidado del medio ambiente y el uso racional de recursos”. Por otra parte, responden que los principales problemas que presentan en su vivienda son: la entrada de rayos solares directos y la existencia de ruido por su proximidad al Boulevard Los Patos, como acceso principal al fraccionamiento.

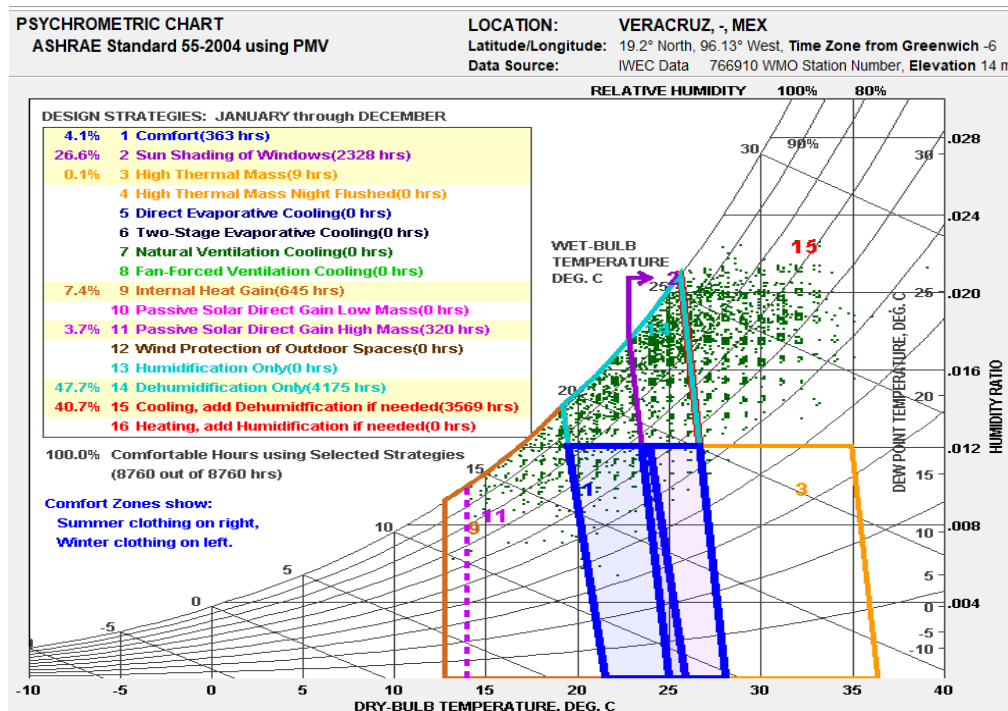
Afirman que la vivienda es “un poco” calurosa y que el mes más cálido es junio y el más fresco es enero. En cuanto a los horarios del día en que se siente más calor en su interior, plantean que es entre las 12:00 - 4:00 pm; sintiéndose más fresco a partir de las 6:00 pm. Expresan que el espacio más caluroso es el patio y el más fresco la sala, por el uso de ventiladores. Reconocen que su vivienda podría tener algunas mejoras o soluciones positivas como contar con techos más altos y mejor la ventilación natural. En cuanto al nivel de satisfacción con su vivienda, le otorgan una baja evaluación a la existencia de elementos de protección solar, siendo nula en el diseño de la misma. Respecto a los equipos de ventilación mecanizada, cuentan con 7 ventiladores ubicados en los tres dormitorios (3 ventiladores de pie y 1 de pared), en la sala (2 ventiladores de techo) y en el comedor (1 de techo); y tres Split (uno en cada dormitorio).

Plantean estar a favor en la incorporación de tecnologías alternativas como calentadores solares y sistemas de captación de agua pluvial, entre otros. La encuesta realizada se puede apreciar en el anexo 12.

### **3.2.1. Caracterización térmica. Diagrama psicométrico**

Para conseguir el nivel de confort humano adecuado, según las condiciones climáticas locales, existen diversos métodos y diagramas que definen los problemas y describen las medidas a adoptar para solucionarlos (Olgay, 1998: 24). La carta psicométrica para el clima del municipio de Veracruz, fue elaborada con el programa Climate Consultant 6.0 (gráfico 5). La gráfica muestra la zona de confort a partir de la relación de los elementos climáticos de temperatura y humedad relativa. Expresa las necesidades climáticas de las zonas que se encuentran situadas fuera de la franja de confort, las que se traducen en las estrategias bioclimáticas a incorporar en el diseño para propiciar un entorno bioambiental estable.

Gráfico 5. Carta psicométrica para el municipio de Veracruz



Fuente: Elaboración propia, con base en Climate Consultant 6.0.

A partir de la interpretación y el análisis de la gráfica se define el siguiente rango de confort en las temperaturas: para el verano de 25 a 28°C y para el invierno de 21.6 a 26°C, aproximadamente. La misma permitió conocer las necesidades bioclimáticas o principales estrategias básicas, para disminuir los aspectos desfavorables que se alejan de la zona de confort, éstas son: deshumidificación (47.7% de relevancia), enfriamiento de los espacios interiores (40.7%), protección solar en las ventanas (26.6%).

La zona de confort para el municipio de Veracruz que establece la carta psicométrica, demuestra que la vivienda actualmente tiene un comportamiento climático que sobrepasa estos rangos; por lo que resulta necesaria su climatización. “Es tarea del arquitecto la utilización máxima de todos los medios naturales para producir una vivienda lo más sana y agradable posible, al mismo tiempo deberá buscar el ahorro en los costes, reduciendo al mínimo la necesidad de ayudas mecánicas para el control climático” (Olgay, 1998: 23). En este sentido, la gráfica brinda una visión de la relación entre los elementos climáticos y la zona de confort adecuada, con el objetivo de encontrar el balance ideal entre el entorno y la vivienda, que sea de bienestar para sus usuarios.

# Capítulo 4



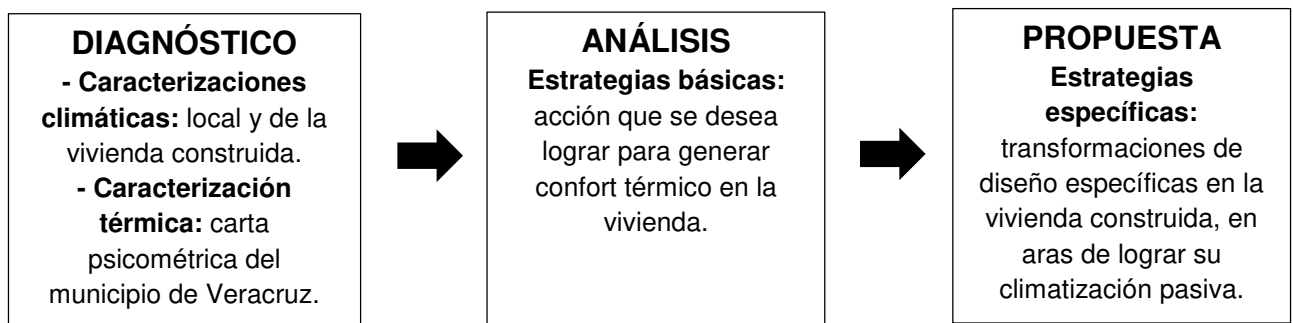
## CAPÍTULO 4. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA

En el presente capítulo se definen las estrategias bioclimáticas específicas y apropiadas a incorporar en la vivienda construida a partir de las definidas con la carta psicométrica del municipio de Veracruz, en el capítulo anterior; según sus particularidades constructivas, formales y funcionales. El principal objetivo consiste en adaptar la vivienda a los elementos climáticos de su entorno, en aras de lograr un hábitat que mantiene sus constantes ambientales cerca de los requerimientos de confort térmico. Sin dudas, estará climáticamente equilibrada.

### 4.1. Nivel arquitectónico. Definición de las estrategias bioclimáticas necesarias

En el nivel arquitectónico, de la metodología propuesta, se materializan las estrategias bioclimáticas específicas en la vivienda de estudio (construida) a partir de las transformaciones formales y funcionales necesarias para lograr su acondicionamiento climático. El siguiente esquema muestra el orden consecutivo que se siguió para su definición:

**Esquema 5.** Orden consecutivo para definir las estrategias de diseño bioclimático específicas en la vivienda construida



Fuente: Elaboración propia.

A partir del esquema anterior, se definen las siguientes estrategias bioclimáticas que obedecen a tres principios fundamentales: enfriamiento de los espacios interiores durante todo el año, protección solar que permita el flujo de aire al interior de la vivienda y la deshumidificación durante todo el año, controlable con ventilación natural (tabla 5).

**Tabla .6** Estrategias básicas de diseño bioclimático necesarias en la vivienda construida

Estrategias básicas	Descripción funcional
- <b>Enfriamiento</b> de los espacios interiores en la vivienda, durante todo el año.	- Espacios de uso diurno muy ventilados; y de uso nocturno controlable con aberturas. Cambiar, en su mayoría, el uso del vidrio en puertas y ventanas por bambú. - Aprovechamiento de las brisas, lograr ventilación natural: cruzada e inducida por convección natural (efecto chimenea).
- <b>Protección solar</b> especialmente en fachadas orientadas al Este, Sur y Oeste.	- Incluir elementos horizontales y verticales (en función de la incidencia del Sol), que permitan la circulación del aire y la protección solar. - Uso de material aislante en muros orientados al Sur, Este y Oeste para evitar ganancias solares directas e indirectas. - Aprovechamiento de la iluminación natural, sin la incidencia directa de los rayos solares en los espacios interiores.
- <b>Deshumidificación</b> durante todo el año.	- Controlable con ventilación.
- <b>Aprovechamiento del agua pluvial.</b>	- Incluir en la propuesta un sistema para la captación de lluvia.
- <b>Aprovechamiento de la energía solar</b> con el uso de sistemas solares activos.	- Teniendo en cuenta la trayectoria solar en la vivienda, ubicar un colector solar plano hacia el Sur.

Fuente: Elaboración propia.

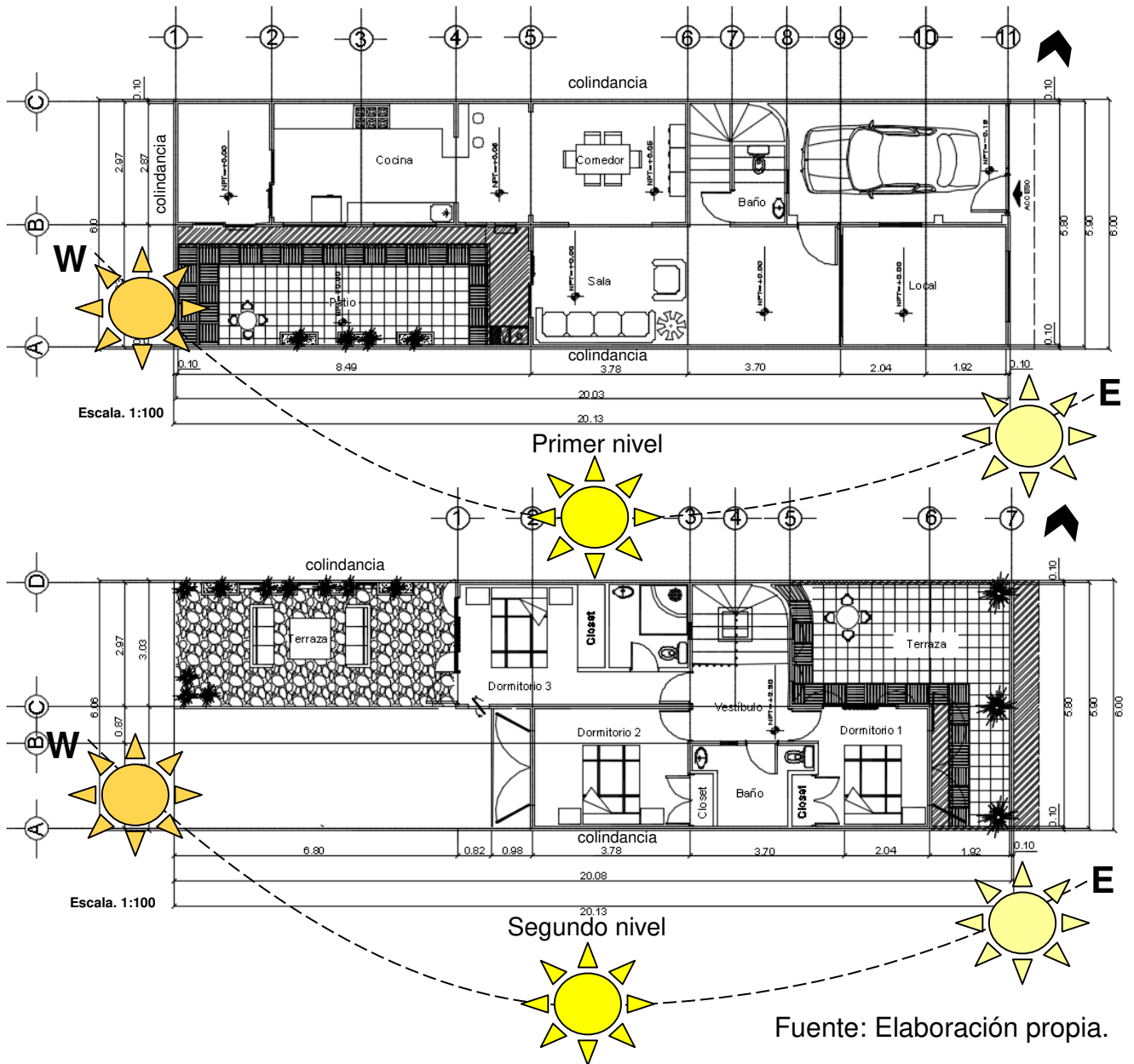
La ventilación natural o pasiva, es una de las estrategias más eficaces en climas cálidos subhúmedos en una vivienda bioclimática, ya que permite la renovación del aire para mantener las condiciones higiénicas adecuadas, evitando el uso de equipos para la climatización. Para un mayor aprovechamiento del viento, es necesario conocer las direcciones predominantes que inciden en la vivienda (ver imágenes 10 y 11).

En este sentido, se proponen dos tipos de ventilación a garantizar en los espacios interiores de la vivienda:

- 1- Ventilación natural cruzada: es muy útil como estrategia para el enfriamiento de los espacios interiores. En la vivienda, mediante las aberturas (ventanas) se aprovechan las corrientes de aire posibilitando su entrada (barlovento, área de mayor presión, inciden vientos predominantes) y salida (sotavento, menor presión), (consultar imágenes 10 y 11).
- 2- Ventilación inducida por convección natural, efecto chimenea: el colocar una apertura en el área superior de la escalera genera en la vivienda una circulación vertical, como una vía de escape por donde sale el aire caliente. La radiación solar calienta la superficie captadora de calor (en la chimenea) y el aire caliente, por ser menos denso, asciende y es reemplazado por el más fresco (consultar anexo 13).

La protección solar de las fachadas donde incide la mayor radiación es esencial, por lo que resulta necesario conocer la trayectoria solar en la vivienda (imagen 9) y los ángulos de incidencia en el día más cálido y el más frío del año (ver anexo 14).

**Imagen 9.** Trayectoria solar en la vivienda



En este caso, se proponen estrategias donde los elementos de protección solar permiten la ventilación natural según las fachadas a proteger: en fachadas Este y Oeste, protecciones verticales; en fachada Sur, protecciones horizontales. Al recibir el ángulo de inclinación solar más pequeño, el sistema de protección es más efectivo. La tabla 7. muestra la propuesta de las estrategias específicas de diseño bioclimático:

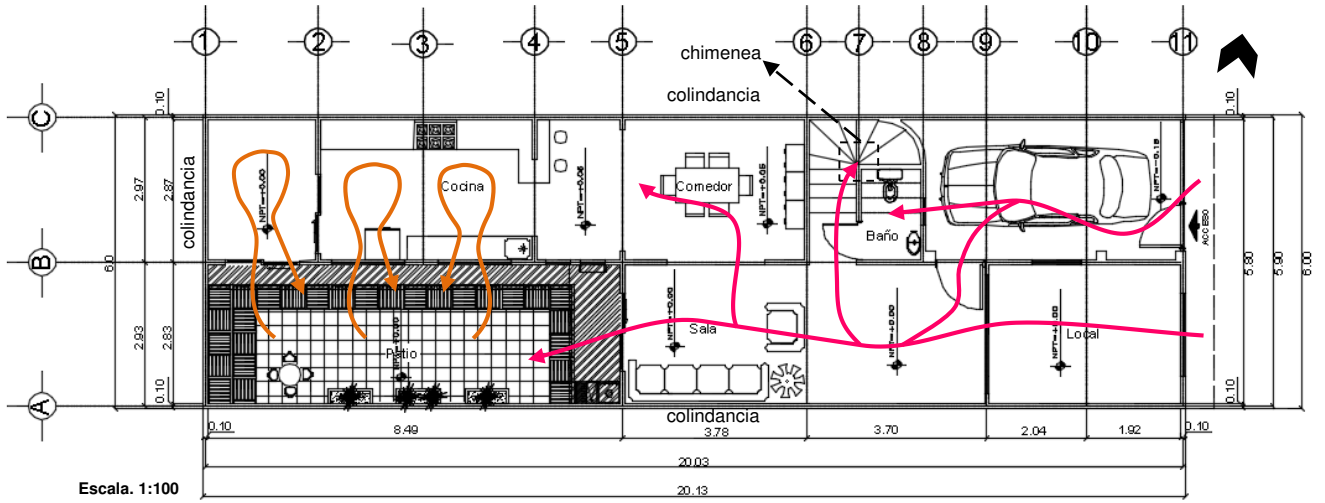
Tabla 7. Estrategias de diseño específicas incorporadas en la vivienda, por espacios

Estrategias	Descripción por espacios, propuestas y modificaciones
Enfriamiento	Ventilación natural - Se garantiza en todos los espacios de la vivienda. - En la cocina: cambiar la parte sólida que se encuentra encima de las ventanas por rejillas fijas de bambú para mejorar el flujo de aire (ver anexo 15).
	Ventilación natural cruzada <b>Primer nivel:</b> - Local-sala: Se proponen aberturas superiores (con cañas de bambú), en muro, para el paso del aire (consultar imagen 10 y anexo 16). <b>Segundo nivel:</b> - Ventana en el área de la escalera: se propone de bambú entretejido y aumentar su sección a 1.00 x 0.50 m (ancho x alto), que permite mayor circulación de aire hacia los dormitorios 2 y 3 (ver anexo 17). - Dormitorio 1: Se propone una abertura horizontal, donde inciden los vientos predominantes a barlovento del NNE (frecuencia 13.8 %) y NNW (11.9 %), (consultar anexo 18). Además, se propone una abertura (con cañas de bambú) encima de la puerta, para el paso de aire desde la puerta-ventana existente hacia la abertura superior de la escalera (efecto chimenea), como otra manera de ventilar la habitación (consultar imagen 11 y anexo 18.1). La puerta-ventana existente de vidrio, se propone reemplazarla por otra de bambú entretejido (anexo 18.2). - Dormitorio 2: se propone cambiar la puerta de acceso de madera sólida por una de bambú con persianas (tipo mallorquina) que permite la circulación de aire (cuando esté cerrada) desde la ventana de la escalera hacia la abertura que da al balcón (ver imagen 11 y anexo 19). La puerta-ventana existente de vidrio, se propone remplazarla por otra de bambú entretejido (como en el anexo 18.2). - Dormitorio 3: se propone cambiar la puerta de acceso de madera sólida por una de bambú con persianas (tipo mallorquina) que permite la circulación de aire (cuando esté cerrada) desde la ventana de la escalera hacia la abertura que da a la terraza (ver imagen 11 y anexo 19). Además, se propone una ventana abatible (de bambú entretejido) para el paso de los vientos a barlovento del NNW (ver anexo 19.1). Se plantea una puerta de bambú con persianas mallorquinas para acceder a la terraza propuesta (como la del anexo 19) y sustituir la ventana de vidrio existente en esa fachada (Oeste) por otra de igual diseño que la nueva abertura propuesta en el dormitorio 1, (consultar anexo 18). <b>Cubierta:</b> Aislar la cubierta de tejas PVC de la de hormigón, creando una doble cubierta, para permitir el paso de aire entre ambas (consultar anexo 20).
	Ventilación inducida por convección natural, efecto chimenea - Área de escalera: apertura en la cubierta de la escalera para generar el efecto chimenea, evacuando el aire caliente hacia el exterior (ver anexo 13). Esta estrategia es muy utilizada en la arquitectura bioclimática para mejorar el confort térmico de la edificación.
Protección solar	Uso de aislante - Se propone el poliestireno expandido como material aislante, adosado a muros con orientación Sur, Oeste y Este (consultar anexo 20).
	Elementos horizontales - Patio: se proponen aleros de bambú, con vegetación (plantas de enredaderas), para proteger la fachada Sur (consultar anexo 21).
	Elementos verticales - Terrazas, 2do nivel: incorporar aleros de bambú con menor porción horizontal y mayor vertical, con vegetación (plantas de enredaderas), en aras de proteger las fachadas Este y Oeste (ver anexo 21.1).
	Pérgolas - Área libre a convertir en terraza, 2do nivel: incorporar pérgolas de bambú con lonas entrelazadas y vegetación (enredaderas), para proteger la cocina y cuarto de estudio del primer nivel de la incidencia solar directa; así como la fachada Oeste del dormitorio 3 (ver anexo 22).
Otras	Colores: Mantener los muros exteriores de color blanco, que permite una mayor reflectancia de los rayos solares. La cubierta (de tejas PVC) actualmente de color rojo, se propone pintarlas de café que brinda una mayor reflectancia. El muro exterior del área de escalera se propone de amarillo claro, ya que tiene una reflectancia próxima a la del color blanco (consultar anexo 23). - Se propone cambiar el barandal de balaustradas (hormigón) existente en la terraza (2do nivel, al frente) por una de bambú para lograr la unidad e integración formal en el diseño.
Estrategias sustentables	- Se plantea la captación de agua pluvial (consultar anexo 24). - Incorporar colector solar plano encima de las pérgolas propuestas, orientado al Sur, para una mayor captación de la energía solar (ver anexo 25).

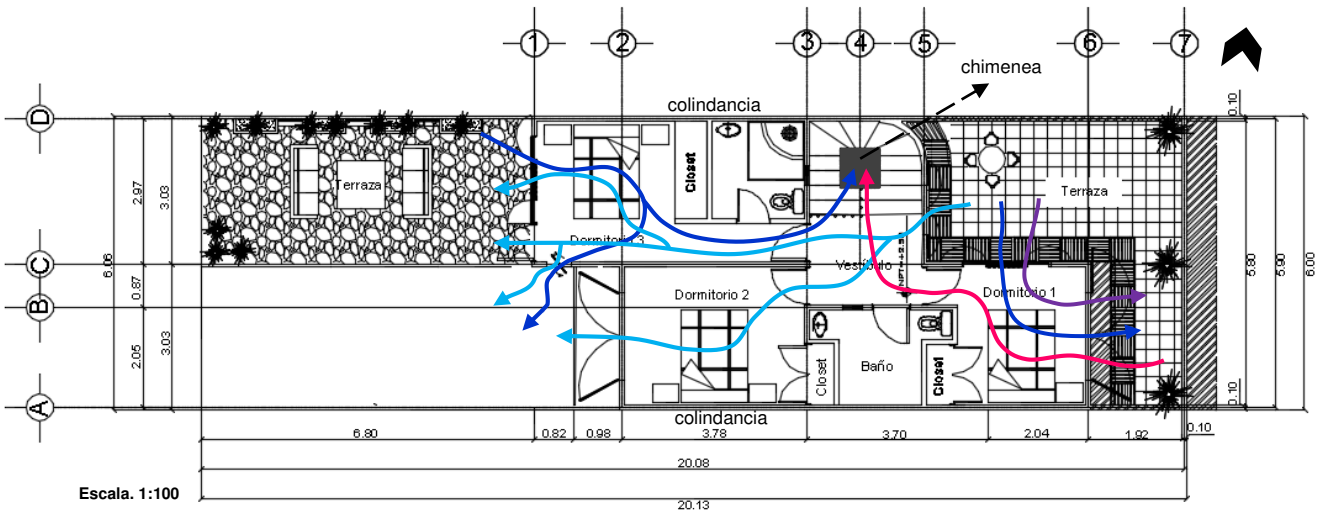
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las plantas de arquitectura con las estrategias bioclimáticas incorporadas y los flujos de ventilación natural (imágenes 10 y 11).

**Imagen 10.** Planta arquitectónica, primer nivel, estrategias bioclimáticas incorporadas








**Imagen 11.** Planta arquitectónica, segundo nivel, estrategias bioclimáticas incorporadas



Fuente: Elaboración propia.

**SIMBOLOGÍA**

-  Vientos predominantes del NNE (frecuencia 13.8%)
-  Vientos predominantes del NNE y ENE (frecuencia 10.1%)
-  Vientos predominantes del ENE (frecuencia 10.1%)
-  Vientos predominantes del NNW (frecuencia 11.9%)
-  Vientos del Sur (frecuencia 3.9%)

## Evaluación de ventilación natural: cálculos en el dormitorio 1

Para un adecuado diseño de la ventilación natural en un espacio, se deben considerar dos parámetros fundamentales: la calidad del aire y la cantidad requerida (Fuentes y García, 2005: 89). En este sentido, el aire puro en zonas urbanas contiene una concentración de CO<sub>2</sub> que se eleva de 0.07 a 0.1%; cuando rebasa la última cifra se aprecian los efectos nocivos en el ambiente y el ser humano (Fuentes y García, 2005: 91).

Una de las estrategias, propuestas anteriormente, consiste en garantizar la ventilación cruzada en los espacios interiores de la vivienda construida. Actualmente, en el dormitorio 1, por su diseño y composición, se aprecia una ventilación unilateral (consultar anexo 18). El objetivo de este apartado consiste en calcular y diseñar la nueva abertura que se propone, con el fin de garantizar una ventilación cruzada favorable para el confort térmico en esta habitación. Resulta válido aclarar, que estos cálculos pueden emplearse en otros diseños de aberturas y han sido desarrollados a partir de la recopilación teórica de varios autores. A continuación, se describe el procedimiento:

**Tabla 8.** Datos generales para el cálculo de ventilación cruzada, dormitorio 1

De la caracterización climática local, (consultar gráfico 1)		
Temperatura máxima promedio	33 °C (en mayo, mes más cálido)	
Temperatura mínima promedio	18 °C (en enero, mes más frío)	
De la caracterización climática en la vivienda (valores máximos registrados en las mediciones realizadas el 24 de junio de 2017, a las 2:30pm), (véase tabla 4)		
Temperatura interior máxima (ti): 39 °C	Temperatura exterior máxima (te): 37 °C	
Viento		
Velocidad media del viento en el mes más cálido (mayo de 2017). Fuente: Meteored.mx. 7 Km/h = 1.94 m/s	Dirección (en mayo), (imagen 3) NNE	Frecuencia 13.8 %
<b>Radiación</b> , energía solar incidente diaria, máxima promedio, (véase anexo 6).	6.9 kWh/día = 287.5 W/m <sup>2</sup>	
<b>Volumen de la habitación</b>	22.26 m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la demanda de aire, si una persona produce 0.015 m<sup>3</sup>/h de CO<sub>2</sub> (Fuentes y García, 2005: 91) y se desea que la concentración no sobrepase 0.1% de CO<sub>2</sub>, cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.07% de CO<sub>2</sub>:

$$V = \frac{g}{C_i - C_e} \quad ^{25}$$

**Donde:**

V = Tasa de ventilación (m<sup>3</sup>/h).

g = Tasa de emisión de gas contaminante (m<sup>3</sup>/h).

C<sub>i</sub> y C<sub>e</sub> = Concentraciones del gas en la mezcla interior que se introduce para ventilar (%).

<sup>25</sup> Ecuación obtenida de (Fuentes y García, 2005: 91).



Ruth Lacomba expresa que “el recíproco de la conductancia superficial es la resistencia superficial ( $1/f$ ), de forma que si se suman estas resistencias a la resistencia total de un elemento, se obtendrá la resistencia total aire-a-aire” (Lacomba, 1991: 220) ; así:

$$Ra = 1/fi + Rt + 1/fe = 1/fi + (b1/k1 + b2/k2 + \dots bn/kn) + 1/fe, (m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W})$$

**Donde:**

Ra = resistencia aire-a-aire

Rt = resistencia del objeto o elemento

$1/fi$  = resistencia superficial interna

$1/fe$  = resistencia superficial externa, (Lacomba, 1991: 220).

**A continuación, se procede al cálculo de la resistencia aire-a-aire total (Ra)**

$$Ra = (1/6.92) + [(0.02/0.63) + (0.1/1.80) + (0.015/0.4)] + (1/18.608) = 0.14 + 0.118 + 0.054$$

$$\boxed{Ra = 0.312 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}}$$

La autora plantea que el inverso de la resistencia aire-a-aire (Ra) es la trasmisión o coeficiente de trasmisión (U):

$$\boxed{U = 1/Ra (W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}),} \quad (\text{Lacomba, 1991: 220}).$$

En este caso, el coeficiente de trasmisión de la cubierta sería:  $\boxed{U = 1/0.312 = 3.20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$

Resulta válido aclarar que el coeficiente de trasmisión (U) de los elementos constructivos, por su ecuación, considera la conductividad y espesor de los materiales que lo componen; así como la conductancia superficial interior y exterior que incluye los coeficientes superficiales de radiación ( $hr$ ) y convección ( $hc$ ) en los materiales. Explicado el procedimiento de cálculo para obtener el coeficiente de trasmisión (U) de la cubierta, que posteriormente será utilizado para obtener el total de ganancias por conducción, se procede de igual manera para el resto de los materiales que conforman los demás elementos constructivos de la habitación; a continuación, se desarrollan los cálculos correspondientes.

#### Materiales

Muros	b, espesor (m)	k, conductividad (W/m $^\circ\text{C}$ )
Aplanado exterior mortero - arena	0.02	0.63
Tabique	0.10	0.65
Aplanado interior mortero - arena	0.02	0.63

#### Cálculos para los muros Norte y Este

##### Conductancia superficial interior (fi):

$$hr = 5.7 \times 0.95 (\text{E, consultar anexo 26})$$

$$hr = 5.42$$

$$hc = 3.0$$

$$\boxed{fi = 8.42 \text{ W/m } ^\circ\text{C}}$$

##### Conductancia superficial exterior (fe):

$$hr = 5.7 \times 0.95 (\text{E, consultar anexo 26})$$

$$hr = 5.42$$

$$hc = 5.8 + 4.1v$$

$$fe = 5.42 + 5.8 + (4.1 \times 1.94)$$

$$\boxed{fe = 19.174 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

##### Resistencia aire-a-aire total (Ra):

$$Ra = (1/8.42) + [(0.02/0.63) + (0.10/0.65) + (0.02/0.63)] + (1/19.174)$$

$$Ra = 0.12 + 0.21 + 0.05$$

$$\boxed{Ra = 0.38 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}}$$

##### Coeficiente de trasmisión (U):

$$U = 1/Ra$$

$$U = 1/0.38$$

$$\boxed{U = 2.63 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Materiales																							
Ventana	b, espesor (m)	k, conductividad (W/m °C)																					
Vidrio sencillo	0.004	0.93																					
Cálculos para la ventana, del muro Este																							
<b>Conductancia superficial interior (fi):</b> $hr = 5.7 \times 0.95$ (E, consultar anexo 26) $hr = 5.42$ $hc = 3.0$ <b>fi = 8.42 W/m °C</b>		<b>Resistencia aire-a-aire total (Ra):</b> $Ra = (1/8.42) + (0.004/0.93) + (1/19.174)$ $Ra = 0.12 + 0.004 + 0.05$ <b>Ra = 0.174 m<sup>2</sup> °C/W</b>																					
<b>Conductancia superficial exterior (fe):</b> $hr = 5.7 \times 0.95$ (E, consultar anexo 26) $hr = 5.42$ $hc = 5.8 + 4.1v$ $fe = 5.42 + 5.8 + (4.1 \times 1.94)$ <b>fe = 19.174 W/m<sup>2</sup> °C</b>		<b>Coefficiente de trasmisión (U):</b> $U = 1/Ra$ $U = 1/0.174$ <b>U = 5.75 W/m<sup>2</sup> °C</b>																					
<p>Con este concepto de transmitancia, coeficiente (U), que considera la resistencia total (Ra) y los coeficientes de convección superficial (hc) y de radiación superficial (hr), el flujo de energía calorífica por conducción a través de muros y elementos constructivos es:</p> $Q_c = \sum (A U) \Delta t, (W) \quad (\text{Lacomba, 1991: 230}).$ <p><b>Donde:</b>  <math>Q_c</math> = flujo de calor por conducción  <math>A</math> = Área del elemento  <math>\Delta t = t_e - t_i</math>  <math>t_e</math> = temperatura exterior, <math>t_i</math> = temperatura interior</p>																							
<p><b>Por tanto, las ganancias de calor por conducción en la habitación serían:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Área (A)</th> <th>x Coeficiente de trasmisión (U)</th> <th>(A U)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cubierta</td> <td>9.16</td> <td>3.20</td> <td>29.31</td> </tr> <tr> <td>Muros Norte y Este</td> <td>12.45</td> <td>2.63</td> <td>32.74</td> </tr> <tr> <td>Ventana, vidrio</td> <td>3.78</td> <td>5.75</td> <td>21.74</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b><math>\Sigma A = 25.39 \text{ m}^2</math></b></td> <td></td> <td><b><math>\Sigma (A U) \quad 83.79</math></b></td> </tr> </tbody> </table>				Elemento	Área (A)	x Coeficiente de trasmisión (U)	(A U)	Cubierta	9.16	3.20	29.31	Muros Norte y Este	12.45	2.63	32.74	Ventana, vidrio	3.78	5.75	21.74		<b><math>\Sigma A = 25.39 \text{ m}^2</math></b>		<b><math>\Sigma (A U) \quad 83.79</math></b>
Elemento	Área (A)	x Coeficiente de trasmisión (U)	(A U)																				
Cubierta	9.16	3.20	29.31																				
Muros Norte y Este	12.45	2.63	32.74																				
Ventana, vidrio	3.78	5.75	21.74																				
	<b><math>\Sigma A = 25.39 \text{ m}^2</math></b>		<b><math>\Sigma (A U) \quad 83.79</math></b>																				
$Q_c = 83.79 \times \Delta t$ $Q_c = 83.79 \times 2 \text{ °C}$ <b>Qc = 113.1 W</b>																							
<p><b>La radiación, energía solar incidente</b> diaria, máxima promedio (que llamaremos <math>R_s</math>) = 287.5 W/m<sup>2</sup>,  <math>R_s = 287.5 \text{ W/m}^2 \times 25.39 \text{ m}^2</math>  <b>Rs= 7299.63 W</b></p>																							
<p><b>Ganancias internas (Qi)</b>            Dispersión metabólica = 75 W (véase tabla 5)            1 foco = 60 W            1 TV en colores = 250 W            Total de ganancias internas, <b>Qi = 385 W</b></p>		<p><b>El total de ganancias caloríficas (Qt) sería:</b>            - Ganancias por conducción: <math>Q_c = 113.1 \text{ W}</math>            - Ganancias por radiación solar: <math>R_s = 7299.63 \text{ W}</math>            - Ganancias internas: <math>Q_i = 385 \text{ W}</math>  <b>TOTAL, Qt = 7797.73 W</b></p>																					

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Lacomba, 1991) y (Hernández, 2007).

Conocido el total de ganancias caloríficas, resulta válido preguntarse ¿cuántos cambios de aire por hora se necesitan para disipar dicho calor y mantener la temperatura interior por debajo de 28 °C (límite máximo de la zona de confort)? Para responder esta interrogante, partiremos de la siguiente ecuación<sup>31</sup>:

$$W_v = 0.33 N V_o (t_i - t_e) \quad \text{Por tanto,}$$

$$N = \frac{W_v}{0.33 V_o (t_i - t_e)} \quad 32$$

$$N = \frac{7797.73}{0.33 \times 22.26 \times (5)}$$

$$\mathbf{N = 212 \text{ cambios de aire/h}}$$

**Donde:**  $W_v$  = capacidad calorífica del aire (W)  
 $N$  = número de cambios de aire/hora  
 $V_o$  = volumen del local ( $m^3$ )  
 $t_i$  = temperatura interior (°C)  
 $t_e$  = temperatura exterior (°C)

**Datos:**  $t_e = 33$  °C (temperatura máxima promedio mayo, mes más cálido)  
 $V_o = 22.26 m^3$   
 Rango de confort para el verano, según la carta psicométrica elaborada: 25 a 28 °C  
 $Q_t = 7797.73 W$

La cantidad de aire que debe pasar cada segundo para garantizar este número de cambios es:

$$Q = V_o \times N/3600 \text{ (en } m^3/s) \quad 33$$

$$Q = 22.26 \times 212/3600 = 4719.12 m^3/h / 3600$$

$$\mathbf{Q = 1.31 m^3/s}$$

Si la nueva abertura que se propone en el muro Norte para aprovechar los vientos predominantes del NNE (segundo en frecuencia = 13.8%) tiene una proporción de 1:3 (entrada:salida) para generar una ventilación cruzada óptima, en la que la abertura de entrada sea menor que la de salida, ¿qué cantidad de aire entrará por la misma en el mes de mayo (el más cálido)?

$$Q = (r \times fr) V A (\text{sen } \Theta) \quad 34$$

$$Q = (0.5971108 \times 1.33) \times 1.94 \times 1.26 \times 0.85$$

$$\mathbf{Q = 1.65 m^3/s = 5940 m^3/h}$$

**Donde:**  $Q$  = cantidad de aire ( $m^3/s$ )  
 $V$  = velocidad del viento ( $m/s$ )  
 $A$  = área de la abertura de entrada ( $m^2$ )  
 $\Theta$  = ángulo de la dirección del viento con el plano de la ventana  
 $r = 0.5971108$  (constante cuando el área de entrada es igual a la de salida)  
 $fr$  = factor de relación (consultar anexo 26.2), en este caso el  $fr = 1.33$  (proporción 1:3)

El número de cambios por hora será:

$$N = Q/V_o = 5940/22.26$$

$$\mathbf{N = 267 \text{ renovaciones/h}}$$

**Datos:**  $V = 1.94 m/s$  (velocidad media en mayo)  
 $A = 1.26 m^2$  (0.70 x 1.80 m, relación 1:3)  
 $\text{Sen } 45^\circ$  (aproximado) = 0.85  
 $V_o = 22.26 m^3$  (volumen del local)

<sup>31</sup> Ecuación obtenida de (García y Fuentes, 2005: 92).

<sup>32</sup> Ecuación obtenida de (García y Fuentes, 2005: 93).

<sup>33</sup> *Idem.*

<sup>34</sup> *Idem.*

Se propone que la nueva abertura tenga un área de 1.26 m<sup>2</sup> (0.70 x 1.80 m), que corresponde a la relación 1:3 con el objetivo de que la abertura de entrada sea menor que la de salida (A = 3.78 m<sup>2</sup>, 2.10 m x 1.80 m), como recomiendan los autores consultados. Para comprobar si esta área es suficiente para dejar pasar 1.31 m<sup>3</sup>/s, que es la cantidad de aire necesaria para disipar el total de ganancias caloríficas (Qt = 7797.73 W), a continuación se calcula el área mínima que debe tener la abertura de entrada propuesta:

$$A = \frac{Q}{(r \times fr) V \sin \Theta} \quad ^{35}$$

**Datos:** Q = 1.31 m<sup>3</sup>/s  
 r x fr = 0.5971108 x 1.33 = 0.794157364  
 V = 1.94 m/s (velocidad media en mayo)  
 Sen 45° = 0.85

$$A = \frac{1.31}{(0.794157364) \times 1.94 \times 0.85}$$

**A = 1 m<sup>2</sup>** Área mínima que debe tener la abertura propuesta

Lo anterior demuestra que la nueva abertura cumple con el área mínima requerida, según el cálculo realizado, para la disipación calorífica en la habitación. En la tabla 10 se demuestra la eficiencia de la nueva abertura propuesta, con un resumen comparativo.

**Tabla 10.** Resumen comparativo, cálculo de ventilación cruzada, dormitorio 1

Cantidad de aire (Q) en m <sup>3</sup> /s	Renovaciones/h	
Requerida para una persona, que ocupa el dormitorio.	0.014	2.25
Necesario para disipar el total de ganancias caloríficas de 7797.73 W y mantener la temperatura interior por debajo de 28 °C (límite máximo de la zona de confort).	<b>1.31</b>	212
Que pasa por la nueva abertura propuesta con un A = 1.26 m <sup>2</sup> (proporción con la de salida de 1:3).	<b>1.65</b>	267

Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos realizados.

Los datos anteriores demuestran que la abertura propuesta permite el paso de una cantidad de aire superior a la que se requiere para la disipación calorífica en la habitación, así como la requerida por una persona para garantizar adecuadas condiciones higiénicas y de confort térmico. Fue diseñada horizontalmente, recomendación de autores como (Fuentes y García, 2005: 87); con área menor que la de salida para aprovechar el efecto Venturi<sup>36</sup>, que en este caso permite aumentar la velocidad que sufre el viento al ser comprimido en su paso por la ventana, el cual es beneficioso en términos de confort (consultar anexo 18).

<sup>35</sup> Ecuación obtenida de (Fuentes y García, 2005: 125).

<sup>36</sup> **Efecto Venturi:** si se coloca una abertura de entrada más pequeña que la de salida, la velocidad del viento aumentará en la habitación. Este aumento de velocidad es muy útil en climas cálidos (Fuentes y García, 2005: 58).

## 4.2. El bambú como material bioclimático

El bambú es un material natural, renovable, ecológico y sostenible usado por el hombre desde la antigüedad. Diversos autores lo consideran el acero vegetal en las construcciones por su resistencia y capacidad de adaptación; otros el oro verde ya que constituye una eficiente alternativa de diseño para unificar la arquitectura con la naturaleza. En la tabla 11 se muestran sus propiedades y ventajas fundamentales:

**Tabla 11.** Potencialidades del bambú

	<b>Características</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Originario de la India. Bambusoideae es el nombre de la subfamilia que pertenece a la familia de gramíneas, el nombre popular es bambú. Su tamaño varía desde 1 - 25 m de largo y 0.5 - 30 cm de diámetro.</li> <li>- Su recolección no produce deforestación de bosques y absorbe un 30% más de CO<sub>2</sub> que los árboles.</li> </ul>		
<b>Elasticidad</b>	9.000 -10.000 N/mm <sup>2</sup>	<b>Resistencia a rotura</b>	84 -120 N/mm <sup>2</sup>
<b>Baja conductividad térmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bambú (diámetro mayor a 15 mm) 0,07 (W/m °C)</li> <li>- Bambú (diámetro menor a 15 mm) 0,04 (W/m °C)</li> </ul>		
<b>Usos</b>			
En la construcción: sus fibras tienen un gran potencial de uso como elemento estructural, (aunque debe ser sometido a procesos de preservación para la protección contra insectos xilófagos). En el diseño industrial: muebles, artesanías, etc. En la fabricación de textil y de papel. También es comestible.			
<b>Ventajas</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene gran resistencia a tracción y a los esfuerzos de torsión.</li> <li>- Su coste económico como materia prima es bajo, aunque requiere de mano de obra especializada para su instalación y aplicación en la construcción de edificaciones.</li> <li>- Rápido crecimiento. Se consume menos energía para su producción respecto a otros materiales.</li> <li>- Es flexible, ligero, duradero y muy beneficioso desde el punto de vista medioambiental. Su uso es idóneo en climas cálidos y húmedos, ya que permite que no se acumule el calor y favorece la ventilación natural.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Certificados Energéticos) y (Cedeño, 2010).

La Comisión Nacional Forestal señala que actualmente Veracruz ocupa el segundo lugar nacional en producción de bambú, con mil 304 hectáreas cultivadas (Diario de Morelos, 2016). Como material local con notables potencialidades anteriormente descritas, se ha considerado su uso en ventanas, puertas, pérgolas, aleros, protecciones verticales, barandales y otros elementos que forman parte de las estrategias bioclimáticas propuestas en la vivienda, objeto de estudio-transformación. Sin dudas, es un material ancestral, amigable con el ambiente que debe retomarse, pues promete revolucionar el futuro de la arquitectura bioclimática.

# **Reflexiones finales**



## REFLEXIONES FINALES

Desde mi niñez me había sentido identificada con la naturaleza, pero no fue hasta mi formación como arquitecta que comenzó a preocuparme el tema arquitectónico vinculado al ambiente. En términos técnicos estaríamos refiriéndonos a la arquitectura bioclimática, en la que se resume la interrelación entre ambiente, hábitat y ser humano. La presente investigación, desarrollada a lo largo de estos dos años de intenso aprendizaje, me ha permitido llegar a conclusiones que se expresan a continuación:

La vivienda de interés social que se proyecta y construye actualmente no tiene en cuenta los principios de la arquitectura bioclimática, en los que el aprovechamiento de las condiciones climáticas del entorno resulta indispensable en el diseño de espacios habitables, que generen las condiciones de bienestar y confort adecuadas para el desarrollo de la vida humana.

El pensamiento complejo que demanda el nuevo paradigma constituye un desafío cultural, científico, histórico y extremadamente ecológico. Tratándose de problemas ambientales, el paradigma que debe asumirse es el de complejidad con un enfoque sistémico fundamentado en la Teoría de los Sistemas Complejos. Lo anterior será posible con un cambio de visión, mentalidad y costumbres en la sociedad; quien tiene la responsabilidad de diseñar y construir un hábitat profundamente ecológico.

Desde el inicio de la investigación se consideró la elaboración de una metodología para el diseño bioclimático, premisa que se materializó con la propuesta de un instrumento metodológico que permitió el análisis por niveles: desde el ambiente natural y construido, el ser humano hasta determinar, en el nivel arquitectónico, las estrategias bioclimáticas necesarias a incorporar en la vivienda construida, objeto de estudio-transformación. La metodología propuesta, diseñada a partir de referentes teóricos estudiados para ser aplicada específicamente en la presente investigación, resulta aplicable a otros estudios de casos o proyectos de viviendas en diversos climas, regiones o países.

El diagnóstico bioclimático, desde el análisis de los datos históricos meteorológicos hasta las mediciones realizadas por la autora en la vivienda, permitió conocer las deficiencias y problemáticas existentes. Los resultados obtenidos en dichas mediciones reflejaron rangos de temperaturas interiores en la vivienda desde: 28 - 39°C en verano (junio) y de 21 - 32°C en invierno (diciembre). En otro sentido, diversos autores estudiados plantean que la zona de confort adecuada para niveles óptimos de

habitabilidad se encuentra entre los 26°C en verano y 21°C en invierno; mientras que la carta psicométrica elaborada para el municipio de Veracruz estableció un rango para el verano de 25 a 28°C y para el invierno de 21.6 a 26°C. Al contrastar los valores obtenidos en el comportamiento actual de la vivienda (a partir de las mediciones directas en la misma) con los de las fuentes consultadas y los de la caracterización térmica de Veracruz; podemos llegar a la conclusión que la vivienda tiene un comportamiento climático desfavorable que influye negativamente en el adecuado confort térmico de sus usuarios, lo que ha quedado demostrado anteriormente.

Su condición de vivienda construida, constituye una limitación que genera inconvenientes y restricciones en cuanto al proceso de diseño bioclimático, respecto a una nueva construcción. A pesar de las limitaciones dadas por su ubicación, orientación, colindancias, diseño formal y funcional se corroboró la hipótesis y se cumplieron los objetivos generales y particulares planteados al inicio de la investigación. A partir de la metodología propuesta se establecieron las estrategias de diseño bioclimático necesarias a incorporar en la vivienda construida, en clima cálido subhúmedo, en aras de lograr su acondicionamiento climático para generar el confort térmico deseado por los usuarios. Todo el proceso manifiesta la necesidad de abordar el tema ambiental a partir de la integración de diversas disciplinas como: la climatológica, la social y la arquitectura.

El tema de la vivienda no puede continuar siendo solo una necesidad a satisfacer, por la demanda existente. Sus diseños deben involucrarse con el ambiente y aprovechar los recursos naturales disponibles para satisfacer el confort térmico del ser humano, como un sistema integrado que permita una climatización equilibrada y estable. Dicho de otra manera, se deben considerar estrategias de diseño bioclimático que permitan lograr la adaptación de la construcción al entorno natural, desde la etapa de proyecto.

Para lograr una transformación en las complejas sociedades actuales debemos comenzar por nosotros mismos. Nuestros actos son precisamente los que conforman el mundo en el que existimos y de los que dependerá el futuro de la humanidad. En este sentido, resulta necesario asumir una ética profundamente ecológica y ampliar nuestra conciencia reflexiva ambiental, como parte de los valores que nos caracterizan. Lo anterior, implica una nueva forma de vida inmersa en cambios de paradigmas desde el diseño, en la que se asuma la complejidad con una visión holística, como un desafío del nuevo paradigma que demanda nuestra realidad.

## **Líneas de investigación a futuro**

A partir de la presente investigación, como trabajo a futuro, podría perfeccionarse la metodología de diseño bioclimático propuesta para ser aplicada en vivienda nueva, es decir, desde la etapa inicial de proyecto.

Además, podría aplicarse dicha propuesta metodológica en viviendas de interés social ya construidas y localizadas en otros tipos de clima en México o en distintos países, para realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos (incluidos los de la presente investigación).

El primer tema que valoré, anterior al desarrollo del presente estudio, fue la confección de un *Manual de ayuda para el diseño bioclimático de viviendas autoconstruidas*. En este sentido, pudiera elaborarse un material que brinde recomendaciones de diseño, técnicas y constructivas con principios o criterios bioclimáticos, para aquellas personas que tienen la buena voluntad de construir sus viviendas en armonía con el ambiente.

En otro sentido, pudiera estudiarse el tema bioclimático a nivel urbano, como una escala de diseño más global respecto a la arquitectónica.

# **Referencias Bibliográficas**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfie, Miriam, 2005, *Democracia y desafío medioambiental en México. Riesgos, retos y opciones en la nueva era de la globalización*, Pomares, Barcelona, España, México.
- Cabral, Mara 2016, *Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para todos, borrador de Septiembre 10 de 2016*, [En línea], consultado: 13 de marzo de 2017, [www.eltelegrafo.com.ec/images/csm/DocumentosPDF/2016/Habitat III Nueva Agenda Urbana 10 Septiembre2016 MLC MIRA.pdf](http://www.eltelegrafo.com.ec/images/csm/DocumentosPDF/2016/Habitat%20III%20Nueva%20Agenda%20Urbana%20Septiembre2016%20MLC%20MIRA.pdf).
- Capra, Fritjof, 1998, *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*, Anagrama, Barcelona, España.
- Cedeño A 2010, "Materiales bioclimáticos", *Revista de Arquitectura*, vol. 12, pp. 100-110, consultado: 04 julio 2018, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125117499011>.
- Centro de Noticias ONU 2015, *El 1º de enero entra en vigor la nueva Agenda de Desarrollo Sostenible* [Página Web], consultado: 19 de junio 2017 <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=34141#.WUgBZxjmFEI>.
- Certificados Energéticos, [Página Web], consultado: 05 de mayo 2018, <https://www.certificadosenergeticos.com/bambu-material-ecologico-sostenible-construccion-edificios>.
- CONAGUA 2016, *Estadísticas del Agua en México Edición 2016* [En línea], consultado: 12 de noviembre 2017, <http://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/Estadisticas-del-Agua-en-Mexico-2016.pdf>.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 2017, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que Reforma la de 5 de febrero de 1857*, [Página web], consultado: 02 de febrero 2018, [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212263\\_1644912328896585\\_7917930668699418624\\_n.pdf/constitucion-de-mexico.pdf?](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212263_1644912328896585_7917930668699418624_n.pdf/constitucion-de-mexico.pdf?).
- Cuéntame de México, INEGI s.f., *Clima, Veracruz* [En línea], consultado: 10 de Noviembre 2017, <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>.
- Diario de Morelos 2016, *Bambú, la planta que puede mover la economía mexicana*, [Página Web], consultado: 06 de mayo 2018, <https://www.diariodemorelos.com/noticias/bamb%C3%BA-la-planta-que-puede-mover-la-econom%C3%ADa-mexicana>.
- eadic Formación y Consultoría 2013, *Tema 3. Arquitectura Bioclimática* [Página web], consultado: 02 de marzo 2018, <http://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Tema-3-Confort-Ambiental.pdf>.
- Evans, Martin y Silvia de Schiller [1988] 1991, *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, Secretaria de Extensión Universitaria de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Fuentes Freixanet, V. 2000, *Metodología de Diseño Bioclimático* [Página web], consultado: 15 de marzo 2017, [www.arg-bioclimatica.com/index.php?option=com\\_phocadownload&view](http://www.arg-bioclimatica.com/index.php?option=com_phocadownload&view).
- FUENTEZ, Víctor y García Chávez, [1987] 2005, *Viento y Arquitectura el viento como factor de diseño arquitectónico*, Trillas, México DF, México.
- Gaceta Oficial 2008, *Programa Parcial de diseño urbano del área Norte de la Zona Conurbada Veracruz, Boca del Río, Medellín, Alvarado, La Antigua, Puente Nacional, Úrsulo Galván, Paso de Ovejas, Cotaxtla, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado y Tlalixcoyan, Ver*, [Página web], consultado: 02 de febrero 2018, [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29213169\\_1644910735563411\\_5991812602957660160\\_n.pdf/1Programa-parcial-de-la-zona-veracruz.pdf](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29213169_1644910735563411_5991812602957660160_n.pdf/1Programa-parcial-de-la-zona-veracruz.pdf).
- Gaceta Oficial, 2016, *Órgano del Gobierno del Estado De Veracruz de Ignacio de la Llave*, [Página web], consultado: 02 de febrero 2018, [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212225\\_1644881435566341\\_7713278453457354752\\_n.pdf/doc-pvd-....pdf](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212225_1644881435566341_7713278453457354752_n.pdf/doc-pvd-....pdf).
- Gaceta Oficial del Estado 2017, *Capítulo primero del Consejo de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*, [Página web], consultado: 02 de febrero 2018, [https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212934\\_1644911638896654\\_8506551830627483648\\_n.pdf/](https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/29212934_1644911638896654_8506551830627483648_n.pdf/).
- García, R. 2006. *Sistemas Complejos, Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Gedisa, Barcelona, España.
- GARCÍA Enriqueta, [1964] 2004, *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, No. 6, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Giovanelli, C 2009, *Fraccionamiento Geovillas Los Pinos* [En línea], consultado: 15 de noviembre 2017, <http://www.mipueblo.mx/34/2824/fraccionamiento-geovillas-los-pinos/>.
- Goleman, Daniel, 2009, *Inteligencia Ecológica*, Kairos, Barcelona, España.
- Foropolis México 2011, *Hábitat III, Reporte Nacional de México, 2016*, [En línea], consultado: 15 de marzo de 2017, [www.foropolis.org/reporte-nacional-de-mexico-habitat-iii/](http://www.foropolis.org/reporte-nacional-de-mexico-habitat-iii/).
- H. Ayuntamiento de la Ciudad y Puerto de Veracruz, *Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017*, [Página web], consultado: 02 de febrero 2018, <http://www.legisver.gob.mx/fiscalizacion/Planes%20Municipales/PlanesMunicipales2014pdf/PLAN%202014-2017.pdf>.
- Herrera JF, 2005, *Vivienda de Interés Social*, [En línea], consultado: 24 de marzo de 2017, <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/37771/1/RUA3%209-13.pdf>.
- HERNÁNDEZ, Carlos, 2007, *Un Vitrubio Ecológico Principios y Prácticas del Proyecto Arquitectónico Sostenible*, Gustavo Gil, Barcelona, España.

- Hernández Pedro J., Marzo 2014, Pedro J. Hernández [Página web], consultado: 27 de enero de 2017, <https://pedrojhernandez.com/2014/03/04/los-materiales-en-la-arquitectura-bioclimatica/>.
- INEGI, Encuesta Intercensal, 2015, [Página web], consultado: 13 de marzo de 2017, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>.
- INEGI 2009, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Veracruz, Veracruz Ignacio de la Llave [Página web], consultado: 02 febrero 2018, [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30193.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30193.pdf).
- INEGI s.f., *Climatología* [En línea], consultado: 10 de noviembre 2017, <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/>.
- INFONAVIT 2016, *Hábitat III Ecuador 2016* [Página web], consultado: 13 de marzo de 2017, [https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/390986d5-32b7-4fd8-8b8-34015a756d5c/Infonavit\\_UNU\\_Habitat\\_III.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lu.zrtC](https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/390986d5-32b7-4fd8-8b8-34015a756d5c/Infonavit_UNU_Habitat_III.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lu.zrtC).
- Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal, 2017, *Plan Municipal de Desarrollo: Instrumentación de Programas Municipales*. [En línea], consultado, 10 de marzo de 2018, <http://www.invedem.gob.mx/wp-content/uploads/sites/26/2017/09/Plan-Municipal-de-Desarrollo-Instrumentacion-de-Programas-Municipales.pdf>.
- ISAN, A. 2014, *Ecología Verde Desarrollo Sostenible para un Mundo Mejor*, [Página web], consultado: 14 de marzo de 2017, <http://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-las-viviendas-bioclimaticas/>.
- Kuhn, Thomas S., 1971, *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- LACOMBA, Ruth (Comp.), 1991, *Manual de Arquitectura Solar*, Trillas, México DF, México.
- Lovelock, James, 2007, *La venganza de la Tierra. La Teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*, Planeta, Argentina.
- Martín, Manuel (2001). "Claves del diseño bioclimático", *Revista Basa*, No. 23, p. 170, consultado: 03 de enero de 2016, <https://editorial.dca.ulpgc.es>2-Comodo+Clima>Claves del diseño bioclimático>.
- Martínez Andrés, 2015, *Información de Veracruz: Información General del Estado de Veracruz México* [En línea], consultado: 12 de noviembre 2017, <http://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-veracruz/index.html>.
- Meteored.mx, *Histórico del Clima en Veracruz*, [Página Web], consultado: 05 de mayo 2018, [https://www.meteored.mx/clima\\_Veracruz-America+Norte-Mexico-Veracruz-MMVR-sactual-22291.html](https://www.meteored.mx/clima_Veracruz-America+Norte-Mexico-Veracruz-MMVR-sactual-22291.html).
- México La Nueva Agenda Urbana 2016, *Los retos de consolidar las ciudades del futuro, donde prevalezcan los derechos humanos, sociales y de participación democrática*

- [Página web], consultado: 14 de marzo de 2017, [https://habitat3.org/wp-content/uploads/press\\_files/eZnng1RKPpyHmyM4tn.pdf](https://habitat3.org/wp-content/uploads/press_files/eZnng1RKPpyHmyM4tn.pdf).
- Miliarium. Ingeniería Civil y Medio Ambiente 2011, *Asistente Técnico para la Construcción Sostenible (ATECOS), Diseño bioclimático* [Página web], consultado: 11 de marzo de 2017, [http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Diseno\\_bioclimatico](http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Diseno_bioclimatico).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2012). *Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*, Unión Temporal Construcción Sostenible S.A y Fundación FIDHAP, Bogotá, Colombia.
- Morin, Edgar, 2007, *Introducción al pensamiento complejo*, Gedisa, Barcelona, España.
- Morillón, David, 2004, *Atlas del bioclima de México*, Instituto de Ingeniería UNAM, México.
- Morillón, David, 2011, *Edificación sustentable en México: retos y oportunidades*. [En línea], consultado: 03 de enero de 2017, [www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/morillon/trabajo\\_final.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/morillon/trabajo_final.pdf).
- McDonough, Willam y Michael Braungart, [2003] 2005, *Rediseñando la forma en que hacemos las cosas Cradle to Cradle*, McGraw Hill, Madrid, España.
- Olgay, Víctor, [1963] 1998, *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, España.
- Ortíz, Claudia, 2017, *Modelo para la aplicación de la Norma Mexicana de edificación sustentable NMX-AA-164-SCFI-2013*, UNAM, Ciudad de México.
- Pérez, Calderón J., 2010, *La política ambiental en México: Gestión e instrumentos económicos*. El Cotidiano, [En línea], consultado: 03 de marzo de 2018, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32513882011>.
- Pérez Porto, J. y Merino, M. 2010, Definición. DE [Página web], consultado: 12 de marzo de 2017, [http://definicion.de/vivienda\\_social/](http://definicion.de/vivienda_social/).
- PEREYRA Domitilo y Pérez José 2005, "Hidrología" [En línea], consultado: 10 de noviembre 2017, <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/9650/1/04HIDROLOGIA.pdf>.
- Pirera, Alessandra 2016, "Reunión Temática Rumbo a Hábitat III", *Ponencia Presentada en Conferencia Temática Financiar el Desarrollo Urbano Ciudad de México 9-11 de marzo 2016*, consultado: 16 de marzo 2017, <http://habitat3mexicocity.mx/documentos/CentroDeMedios/HIII%20Mexico%20-%20Press%20kit%20ES.pdf>.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018a, *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, [Página web], Gobierno de la Republica, consultado: 02 de Febrero 2018, [https://cdn.fbsbx.com/v/t59.2708-21/20688857\\_1394709397291337\\_4908915158518071296\\_n.pdf/PND\\_2013-2018.pdf](https://cdn.fbsbx.com/v/t59.2708-21/20688857_1394709397291337_4908915158518071296_n.pdf/PND_2013-2018.pdf).

SEDATU, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2016, *Cómo Enfrentan las Ciudades “Los Retos Del Crecimiento Verde” Políticas Innovadoras 2016*, SEDATU, México DF, México.

Seguí, P. 2013, “OVACEN”, *Arquitectura bioclimática principios esenciales*, [Blog], 2013, consultado: 05 de enero de 2016, <https://ovacen.com/arquitectura-bioclimatica-principios-esenciales/>.

SEMARNAT 2010, *AGUA* [En línea], consultado: 17 de noviembre 2017, [http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas\\_agua.pdf](http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf).

SEMARNAT 2012, “Región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro” [En línea], *Programa Hídrico Regional Visión 2030*, PP. 16 y 17, consultado: 18 de noviembre 2017, [www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/X%20PHOCCG.pdf](http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/X%20PHOCCG.pdf).

SIATL Versión 3.2, *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*, [En línea], consultado: 17 de noviembre 2017, [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#app=86ae&4b36-selectedIndex=2&6fa8-selectedIndex=0](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#app=86ae&4b36-selectedIndex=2&6fa8-selectedIndex=0).

SunEarthTools.com s.f., *Posición del sol*, [En línea], consultado: 17 de noviembre 2017, [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es).

Tudela, F. 1982, *Ecodiseño*, UAM-Xochimilco, México.

Weather Sparks s.f., *El Clima Promedio En Fraccionamiento Geovillas Los Pinos* [En línea], consultado: 14 de noviembre 2017, <https://es.weatherspark.com/y/8722/Clima-promedio-en-Fraccionamiento-Geovillas-los-Pinos-México-durante-todo-el-año>.

Windfinder s.f., *Estadísticas del viento y del tiempo Veracruz Aeropuerto* [En línea], consultado: 14 de noviembre 2017, <https://es.windfinder.com/windstatistics/veracruz>.

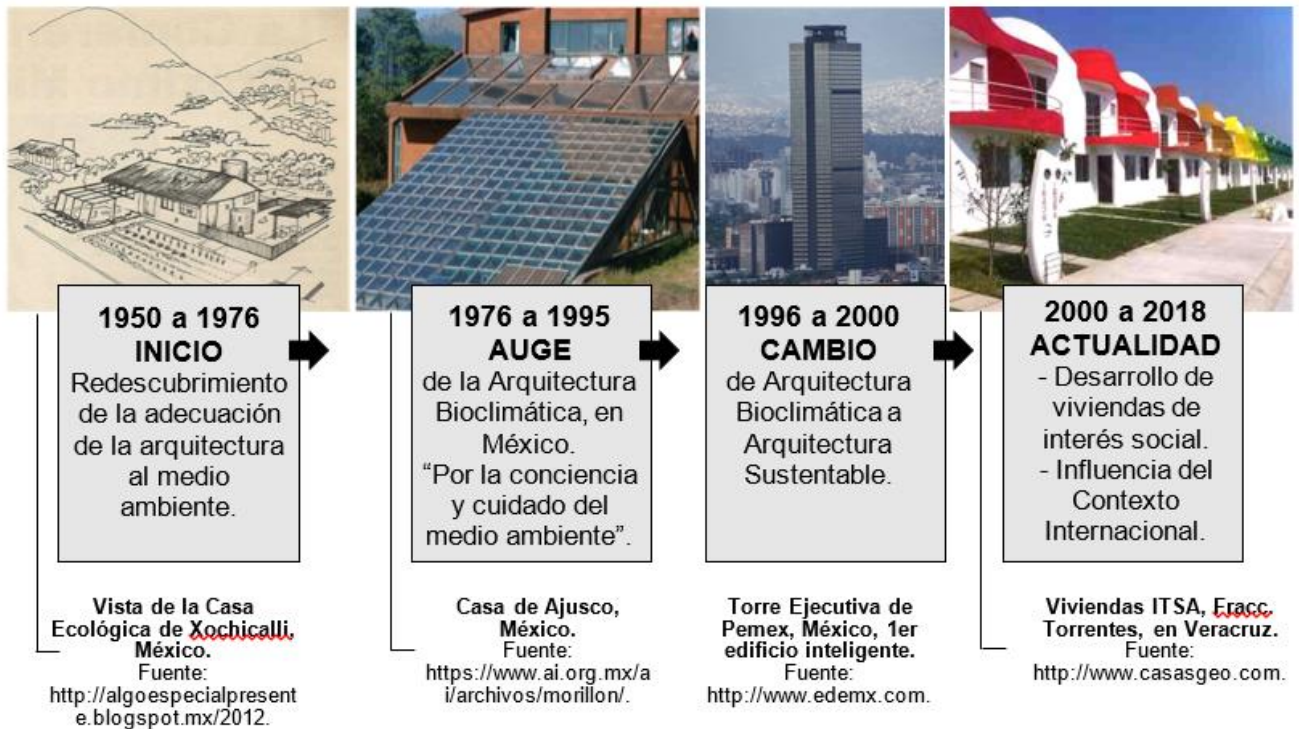
Xiomara 2010, “*Arquitectura Bioclimática*”, [Blog], 10 de Septiembre, consultado: 16 de marzo de 2017, <http://arquitecturabioclimaticaxiomi.blogspot.mx/2010/09/ventajas-y-desventajas.html>.

**Anexos**



**ANEXO 1.** Etapas de la arquitectura bioclimática en México.

La arquitectura bioclimática en México, abarca cuatro etapas fundamentales a partir del año 1950 hasta la actualidad, en el 2018; resumidas en el siguiente esquema:

**Etapas de la arquitectura bioclimática en México**

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Morillón, 2011).

En México, desde 1950, especialistas y centros de investigación han contribuido al análisis y solución de los problemas medioambientales, realizando trabajos que han favorecido al desarrollo de la arquitectura bioclimática. Es el caso del Centro de Investigaciones en Materiales y la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); la Universidad de Guadalajara; la Universidad Autónoma de Baja California; la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Xochimilco; la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima; la (UAM)-Azcapotzalco; la Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez; la Universidad Autónoma de Chiapas; el Instituto Tecnológico de Chihuahua II; la Universidad Autónoma de Chihuahua; el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la Universidad Autónoma de Quintana Roo; la Salle; la Universidad Juárez del Estado de Durango; el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente; el Instituto Superior de Arquitectura y Diseño; la Universidad Veracruzana y el Departamento de Arquitectura de la Universidad Iberoamericana (Morillón, 2011: 10-26).

## ANEXO 2. Marco jurídico e institucional en México.

### Marco jurídico en México

En aras de regular las problemáticas ambientales, México ha establecido un régimen jurídico normativo con mecanismos destinados a la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente. El marco normativo nacional se organiza jerárquicamente a partir de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de febrero de 2017), donde a través de sus artículos se crean las disposiciones de carácter ambiental. En consecuencia, se crean las distintas leyes, reglamentos y normas que establecen buenas prácticas respecto al tema ambiental.

Para efectos de la presente investigación, en materia de protección al ambiente, el desarrollo urbano y de viviendas, existen distintos ordenamientos que han dado forma al marco legal vigente en México. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (DOF 24-02-2017), como se mencionó en líneas anteriores, constituye el instrumento legal de mayor jerarquía en el marco jurídico vigente. En el Artículo 4. se plantea que: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. [...]”. Igualmente expresa que “Toda familia tiene el derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2017: 8). El Artículo 25. dice que: “Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará [...] a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2017: 25).

En la presente investigación no es objeto de interés abordar cada una de las leyes que conforman el marco legislativo. Por consiguiente, se enuncia a continuación el marco jurídico federal que incluye las principales leyes relacionadas con la vivienda y el medio ambiente como: la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) (DOF 28-11-2016), la Ley de Vivienda (LV) (DOF 20-04-2015), la Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) (última reforma, DOF 24-01-2017), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF 24-01-2017), la Ley General del Cambio Climático (DOF 01-06-2016). Además, contempla los reglamentos como: el Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México (modificado por Decreto No. 96 Bis, Gaceta Oficial del 17 de junio de 2016), manuales y acuerdos derivados de dichas leyes. De igual manera, existen normas como: la Norma Mexicana de Edificación Sustentable (NMX-AA-164-SCFI-2013) y la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico (publicada en la Gaceta Oficial del 8 de febrero de 2011).

### Marco jurídico en el Estado y Municipio de Veracruz

En el Estado de Veracruz, el marco jurídico respecto a la vivienda y la protección del medio ambiente está conformado fundamentalmente por: la Constitución Política del Estado de Veracruz (última reforma, Gaceta Oficial del Estado del 4 de noviembre de 2016), la Ley de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz (última reforma, Gaceta Oficial del Estado del 15 de marzo de 2017), la Ley No. 62 de Protección Ambiental (última reforma, Gaceta Oficial del Estado del 23 de noviembre de 2017), la Ley No. 26 de Desarrollo Regional y Urbano del Estado de Veracruz (última reforma, Gaceta Oficial del Estado del 26 de enero de 2007) y la Ley que Regula las Construcciones Públicas y Privadas del Estado de Veracruz (publicada en la Gaceta Oficial del Estado el 9 de marzo de 2010).

Además, existen reglamentos como: el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley No. 62 Estatal de Impacto Ambiental (publicado en la Gaceta Oficial del Estado el 20 de mayo de 2005) y el Reglamento de la Ley que Regula las Construcciones Públicas y Privadas del Estado de Veracruz (publicada en la Gaceta Oficial del Estado el 18 de noviembre de 2010), entre otros. El 14 de noviembre de 2007, fue publicado en la Gaceta Oficial del Estado No. 341, el Decreto por el cual se declara Zona Conurbada, la comprendida por los municipios de Veracruz, Boca del Río, Medellín, Alvarado, La Antigua, Puente Nacional,

Úrsulo Galván, Paso de Ovejas, Cotaxtla, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado y Tlalixcoyan. Dicha Zona Conurbada, en la que se incluye la zona de estudio de la presente investigación, cuenta con un Programa Parcial de Diseño Urbano que forma parte del Plan Veracruzano de Desarrollo y del Plan Municipal de Desarrollo. “Los horizontes de planeación para las proyecciones demográficas y las acciones propuestas en las etapas de estrategia y programación corresponderán a períodos de la administración pública federal, estatal y municipal” (Gaceta Oficial, 2008: 112). Comprende los siguientes plazos: inmediato (año 2007), corto (2010), mediano (2016) y largo referente al año 2030; lo que demuestra su vigencia y proyección.

En el ámbito municipal, Veracruz se rige por la Ley No. 9 Orgánica del Municipio Libre (última reforma publicada en la Gaceta Oficial del Estado No. 522, el 30 de diciembre de 2016). De igual manera existen reglamentos destinados a regular el tema ambiental y de vivienda: Reglamento de Desarrollo Urbano, Fraccionamiento y Vivienda para el Municipio de Veracruz (publicado en la Gaceta Oficial No. 036 del 26 de enero de 2015), el Reglamento Municipal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (modificado y publicado en la Gaceta Oficial No. 225 del 6 de junio de 2014) y el Reglamento para Construcciones Públicas y Privadas del Municipio Libre de Veracruz (publicado en la Gaceta Oficial No. 330 del 19 de agosto de 2015), entre otros.

### **Marco institucional en México**

En el componente de la vivienda, existen institutos que otorgan créditos hipotecarios como el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) y el Fondo para la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), creados en la década del 70. Éstos tuvieron una transformación de sus funciones y objetivos a partir del 2000, desarrollándose como hipotecarias sociales. Como uno de los principales fondeadores de la producción de vivienda, está la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), banca de desarrollo especializada en vivienda, creada en el 2001. En este mismo año surge la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), que luego se convirtió, en el año 2006, en la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). La CONAVI facilita la implementación de la política nacional de vivienda y junto al Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), ha sido una entidad primordial en la atención a la población de menores ingresos para la adquisición, autoproducción y mejoramiento de sus viviendas a partir de un esquema de subsidios (Foropolis México, 2016: 54). Entre el 2000 y 2010, se consolidó un marco institucional que apoya el financiamiento a la vivienda de interés social.

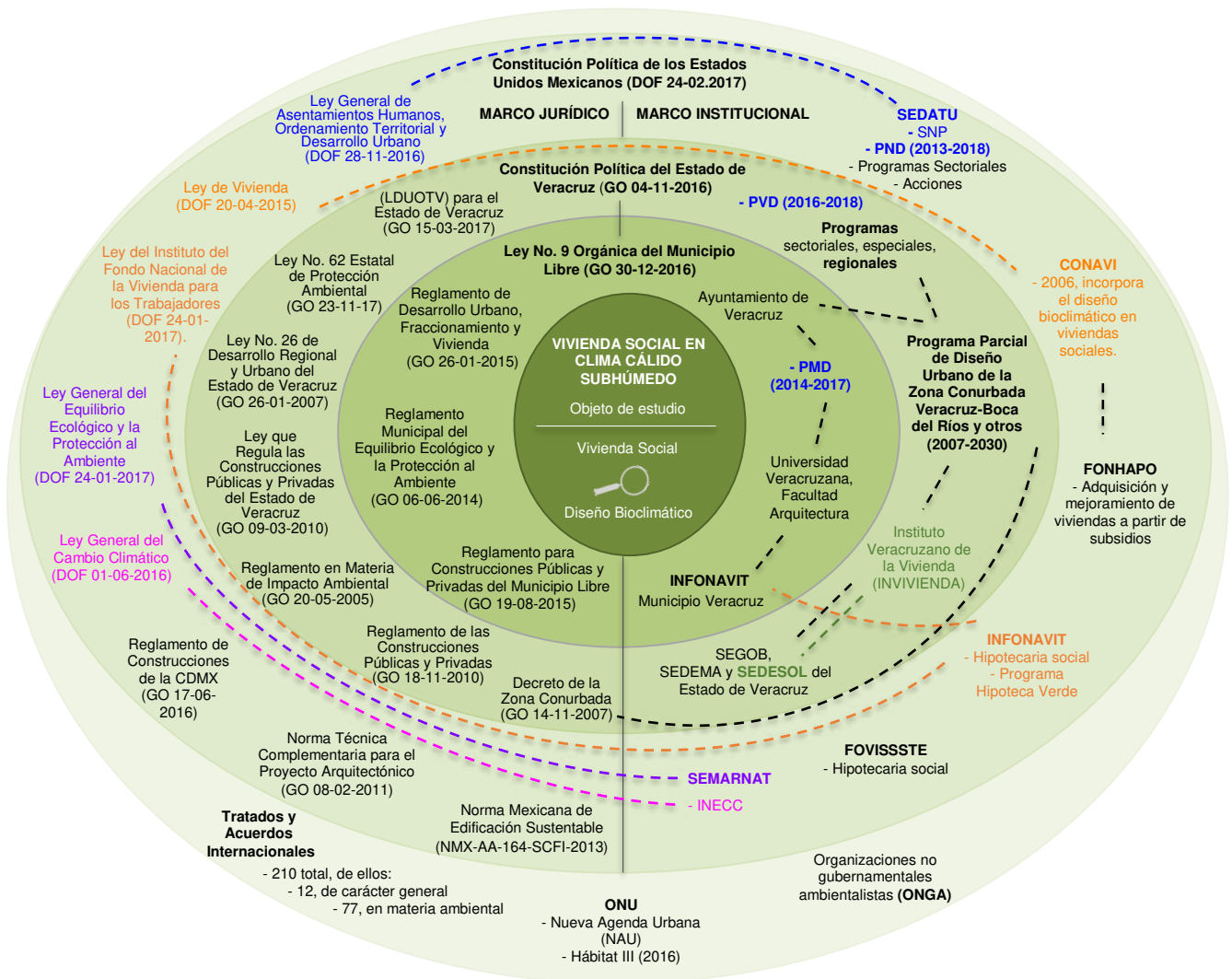
En el año 2013, el Gobierno de México busca rescatar el liderazgo en materia de desarrollo urbano y de vivienda; para esto reforma la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y crea la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Esta última constituye la instancia federal encargada del ordenamiento del territorio nacional, así como el desarrollo integral de las ciudades y los núcleos agrarios del país (Foropolis México, 2016: 4). El Gobierno de México, a través de la SEDATU “ha establecido los principios de su Política Nacional Urbana en el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018 y el Programa Nacional de Vivienda 2014-2018” (Foropolis México, 2016: 5). Las instituciones relacionadas con la vivienda como el INFONAVIT, el FOVISSSTE, la CONAVI, el FONHAPO y la SHF tienen un gran liderazgo en el diseño, la implementación y ejecución de políticas destinadas a elevar el acceso a la vivienda por parte de la población. Estas instituciones, junto a la SEDATU, garantizan la concepción de viviendas integradas al entorno, aspecto que permite mejorar la calidad de vida de los mexicanos.

Éste consolidado marco institucional tiene como principal objetivo apoyar el financiamiento habitacional, con un carácter social, propiciando una mayor participación de intermediarios financieros en este sector para brindar soluciones de viviendas óptimas y sustentables. Lo anterior se traduce en la labor del Estado para garantizar una vivienda digna que permita la seguridad, bienestar y desarrollo de las personas. En resumen, las políticas públicas y el marco institucional de México han posibilitado mejorar las condiciones de habitabilidad en las viviendas. Esto ha sido posible a partir de créditos destinado para dicho mejoramiento y la implementación de programas sociales orientados a disminuir sus carencias. El marco institucional ha

permitido armonizar la política de vivienda con el desarrollo urbano del país. Con el objetivo de lograr ciudades compactas, la ubicación de la vivienda social debe ser en suelo urbano contenido. “En este sentido, la vivienda social debe integrarse a la planeación de usos mixtos, para la promoción de ciudades incluyentes y evitar así el abandono de las viviendas” (Foropolis México, 2016: 105).

En el siguiente esquema se resumen el marco jurídico e institucional, que para objeto de la investigación fue analizado anteriormente. Se aborda en los contextos: internacional, nacional, estatal y municipal, así como la vinculación entre leyes e instituciones. Para una mejor comprensión de las abreviaturas empleadas, se especifican a continuación: Ley de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda (LDUOTV), Secretaría de Gobernación (SEGOB), Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

### Marco jurídico e institucional a nivel nacional, estatal y municipal

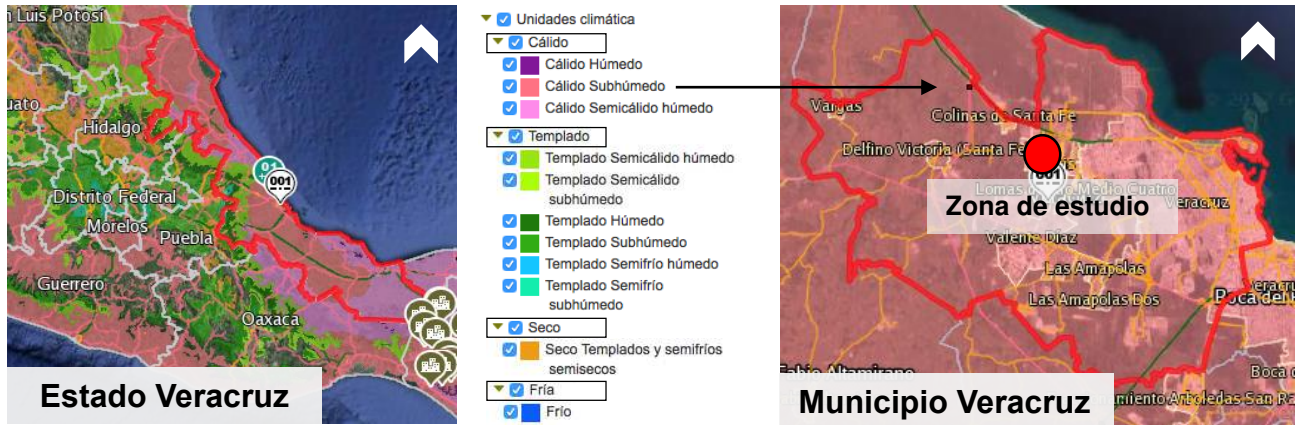


Fuente: Elaboración propia con base en información del marco normativo de México anteriormente expuesto.

En el Reporte Nacional Hábitat III, México reconoce que aún quedan retos importantes por cumplir como la instrumentación de políticas que permitan superar las deficiencias existentes en el sector habitacional. Para esto es necesario aprovechar las fortalezas y características de cada región, con el propósito de diseñar viviendas de interés social que respeten armónicamente el medio ambiente.

**ANEXO 3.** Clima cálido subhúmedo en el municipio de Veracruz.

**Municipio de Veracruz, con presencia de clima cálido subhúmedo**



Fuente de las imágenes: INEGI s.f.

El municipio de Veracruz Respecto al uso de suelo y la vegetación: cuenta con una zona urbana que representa el 27% del municipio y un 22% destinado a la agricultura; 42% es pastizal, 3% selva y otros (6%) (INEGI, 2009: 2).

**ANEXO 4. Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro y Región Hidrológica 28 Papaloapan.**

Para una mejor comprensión de las clasificaciones se debe conocer que: la Región Hidrológica se denota por el prefijo "RH" y los números del "01" al "37", en nuestro caso RH28; en la cuenca la clave se compone de los dos dígitos de la región y una letra mayúscula de la "A" a la "Z", según lo anterior sería RH28B; mientras que en la sub-cuenca su clave es el resultado de la concatenación de la clave de la región, más la de la cuenca y una letra minúscula de la "a" a la "z", RH28Bc.

**Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro**

La zona de estudio se encuentra en la Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro (RHA X GC), que comprende 445 municipios de cuatro estados: 189 de Veracruz, 161 de Oaxaca, 90 de Puebla y cinco de Hidalgo.

Su extensión territorial es de 104 462 Km<sup>2</sup>, que equivale a 5.3% del territorio nacional. Su población es de 10 millones de habitantes (57% urbana y 43% rural) en 2010, lo que representa 8.9% del total del país. Le corresponden 31 Cuencas Hidrológicas y la hidrografía está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Oriental y desembocan en el Golfo de México (SEMARNAT, 2012: 16 y 17).

**Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro**

Fuente: (SEMARNAT, 2010: 89).

**Región Hidrológica 28 Papaloapan**

A partir de los parteaguas del país, en México se ubican 37 Regiones Hidrológicas. En la costa veracruzana se delimitan cuatro de éstas; una de las más húmedas de acuerdo a la precipitación, es la Región Hidrológica 28 Papaloapan (RH28), donde se encuentra localizada la zona de estudio; a su vez forma parte de la Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro. Ubicada al sureste del país abarca tres Estados (parte Norte de Oaxaca, parte Sur de Puebla y parte centro de Veracruz). Limita al Norte con la Región Hidrológica No. 27 Tuxpan - Nautla; al Sur con las Regiones Hidrológicas No. 20 Costa Chica – Río Verde, No. 22 Tehuantepec y No. 29 Coatzacoalcos; al Este con el Golfo de México y al Oeste con la Región Hidrológica No. 18 Balsas.

**Región Hidrológica Papaloapan RH28**

Fuente: Elaboración propia con base en SIATL.

Esta región ocupa el 41.11% del total de la superficie estatal (28.636 Km<sup>2</sup>, siendo el 39.32% del total de las Regiones Hidrológicas). Constituye el segundo lugar en superficie de manglar (169.47 Km<sup>2</sup> que corresponde al 38.69% de la superficie estatal). Su sistema hidrológico está constituido principalmente por los ríos Actopan, La Antigua, Jamapa, Cotaxtla y Papaloapan. Drena las aguas del Centro-Sur de la entidad hacia el Golfo de México. El río Papaloapan es el segundo más caudaloso de México, con una longitud de 354 Km (Pereyra y Pérez, 2005: 101).

ANEXO 5. Vista superior del Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, Veracruz.

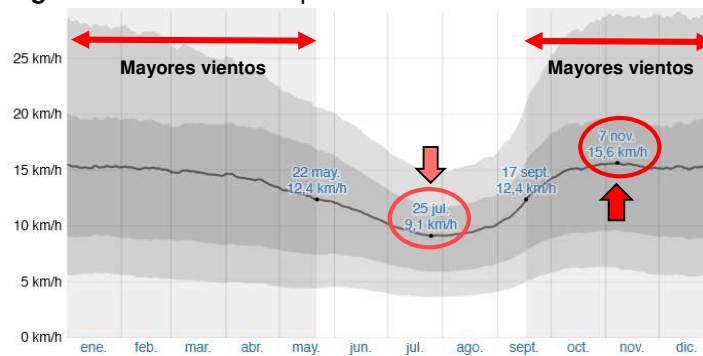
Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, municipio de Veracruz



Fuente: Imagen extraída de Google Earth, 2018.

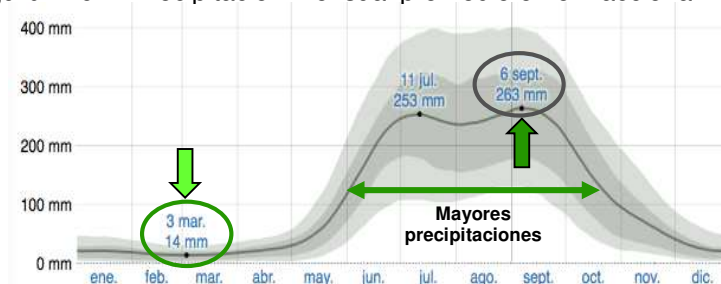
## ANEXO 6. Caracterización climática local. Aspectos complementarios.

Figura A-6.1. Velocidad promedio del viento en el fraccionamiento



Fuente: (Weather Sparks s.f.).

Figura A-6.2. Precipitación mensual promedio en el fraccionamiento



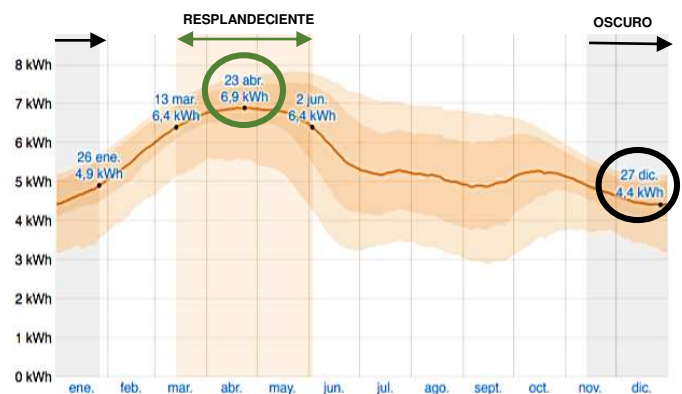
Fuente: (Weather Sparks s.f.).

**Radiación**<sup>37</sup>, **energía del Sol**: la fuente de información se refiere a la energía de onda corta incidente diaria total que llega a la superficie de la Tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta. La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

La etapa más resplandeciente del año se establece del 13 de marzo al 2 de junio, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6,4 kWh. El mes más resplandeciente es abril, con un promedio de 6.9 kWh.

En cambio, el período más oscuro del año dura 2.4 meses, del 13 de noviembre al 26 de enero; con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4,9 kWh. El mes más oscuro del año es diciembre, con un promedio de 4,4 kWh (ver figura A-6.3) (Weather Sparks s.f.).

Figura A-6.3. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio

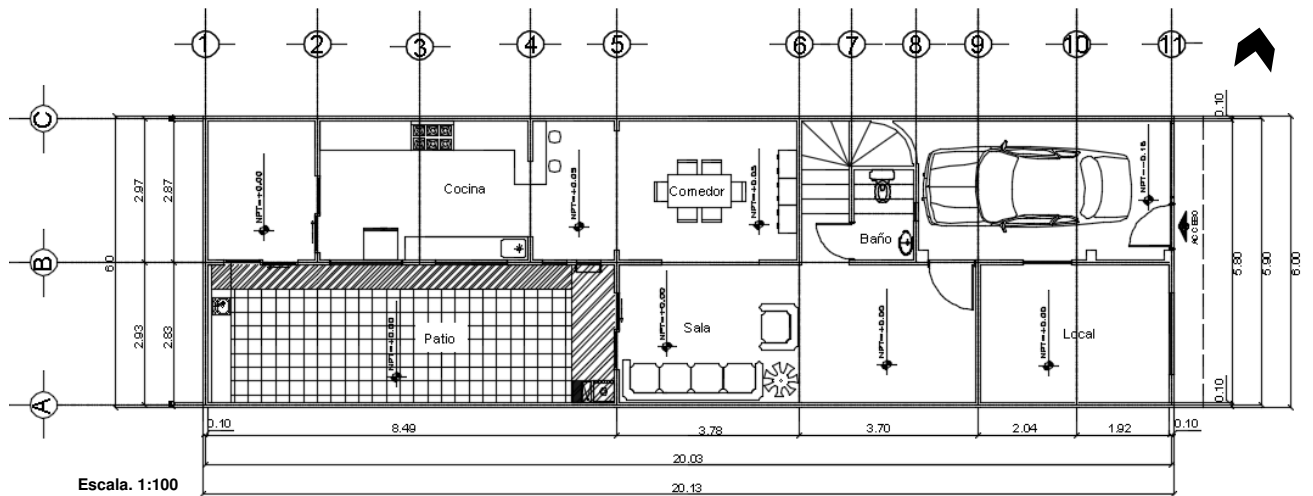


Fuente: (Weather Sparks s.f.).

<sup>37</sup> **Efecto de la radiación**: "Parte de la radiación que incide sobre el suelo es reflejada por la superficie terrestre, pero la mayor parte de dicha energía es absorbida, se transforma en calor y eleva la temperatura del aire, del suelo y de los objetos que se encuentran a su alrededor" (Olgay, 1998: 32).

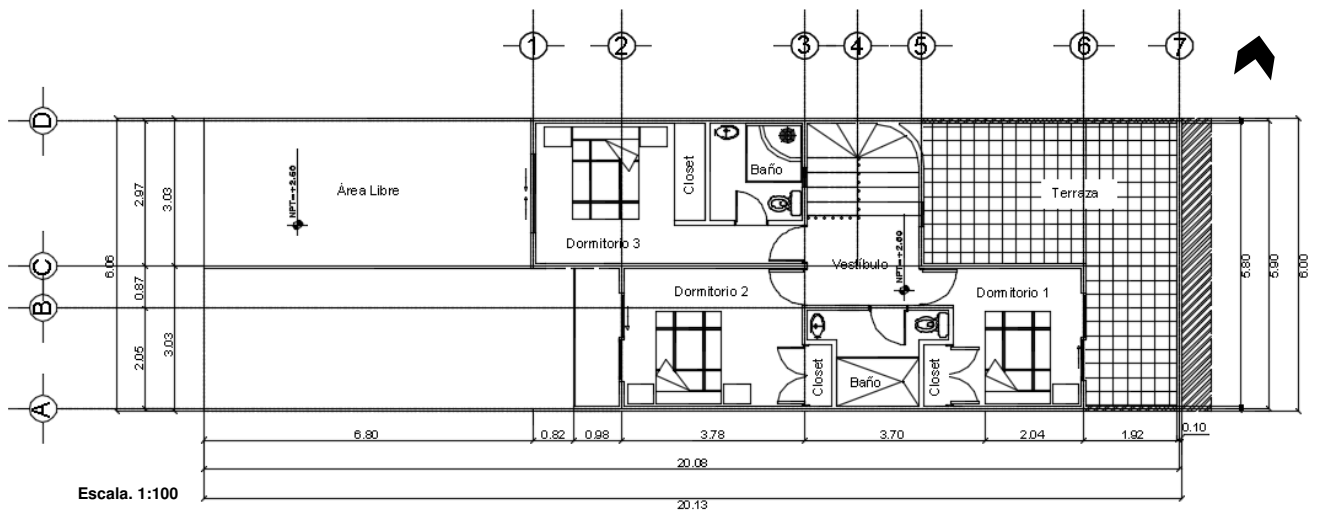
**ANEXO 7.** Plantas arquitectónicas de la vivienda construida, objeto de estudio-transformación, estado actual.

**Figura A-7.1.** Planta del primer nivel



- PRIMER NIVEL**
- Garaje: 15.00 m<sup>2</sup>
  - Local: 11.10 m<sup>2</sup>
  - Sala: 21.00 m<sup>2</sup>
  - S.S: 2.60 m<sup>2</sup>
  - Comedor: 10.60 m<sup>2</sup>
  - Cocina: 17.60 m<sup>2</sup>
  - Cuarto de estudio: 6.40 m<sup>2</sup>
  - Patio: 24.00 m<sup>2</sup>

**Figura A-7.2.** Planta del segundo nivel

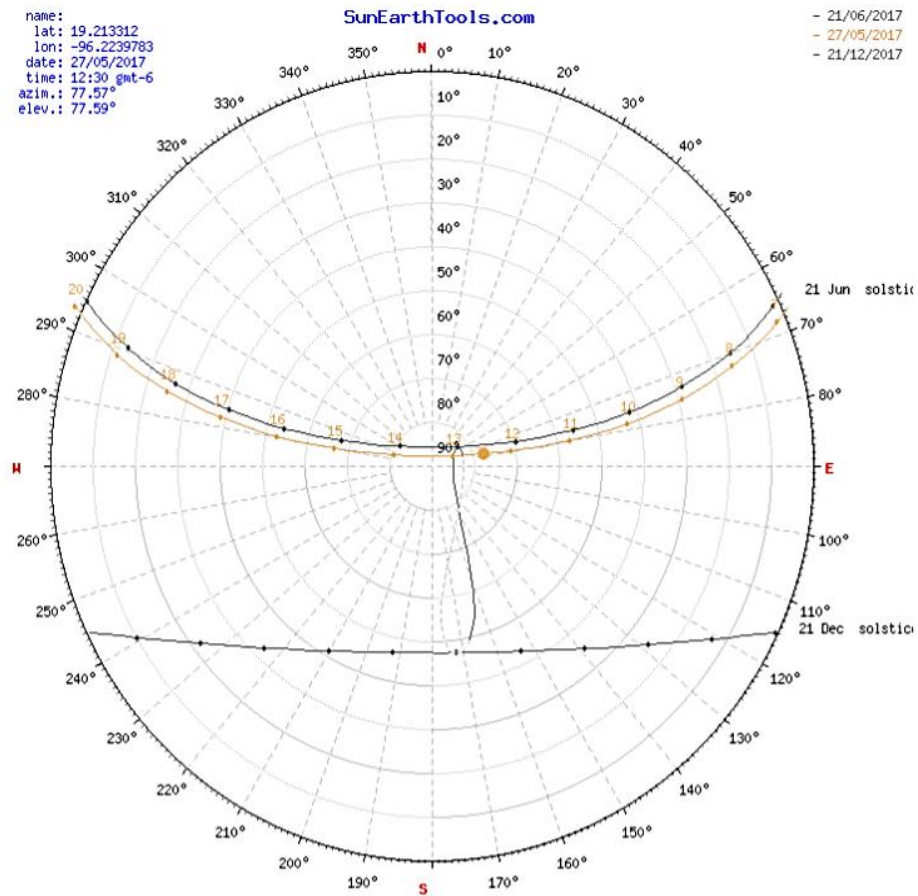


Fuente: Elaboración propia en AutoCAD 2017.

- SEGUNDO NIVEL**
- Dormitorio 1: 8.70 m<sup>2</sup>
  - Dormitorio 2: 11.15 m<sup>2</sup>
  - Dormitorio 3: 11.25 m<sup>2</sup>
  - S.S. 1: 4.00 m<sup>2</sup>
  - S.S. 2: 3.80 m<sup>2</sup>
  - Terraza: 20.45 m<sup>2</sup>
  - Balcón: 2.50 m<sup>2</sup>
  - Área libre: 19.05 m<sup>2</sup>

**ANEXO 8.** Análisis de la trayectoria solar en la vivienda No. 155. para el día más cálido (27 de mayo de 2017). Posición del Sol a las 12:30 pm.

**Gráfica estereográfica**



**Tabla del análisis solar**

sol" posición	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes
27/05/2017 12:30   GMT-6	77.59°	77.57°	19.213312° N	96.2239783° W
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	06:46:54	19:57:30	66.98°	293.12°
crepúsculo civil -6°	06:22:55	20:21:28	64.87°	295.23°
Náutica" crepúsculo -12°	05:54:31	20:49:54	62.06°	298.05°
El crepúsculo astronómico -18°	05:25:18	21:19:10	58.74°	301.38°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía
27/05/2017	13:10:36	00:00:33	-00:00:33	13:22:12

Fuente: (SunEarthTools.com s.f.).

Análisis de la trayectoria solar en la vivienda No. 155. para el día más cálido (27 de mayo de 2017). Posición del Sol a las 12:30 pm.

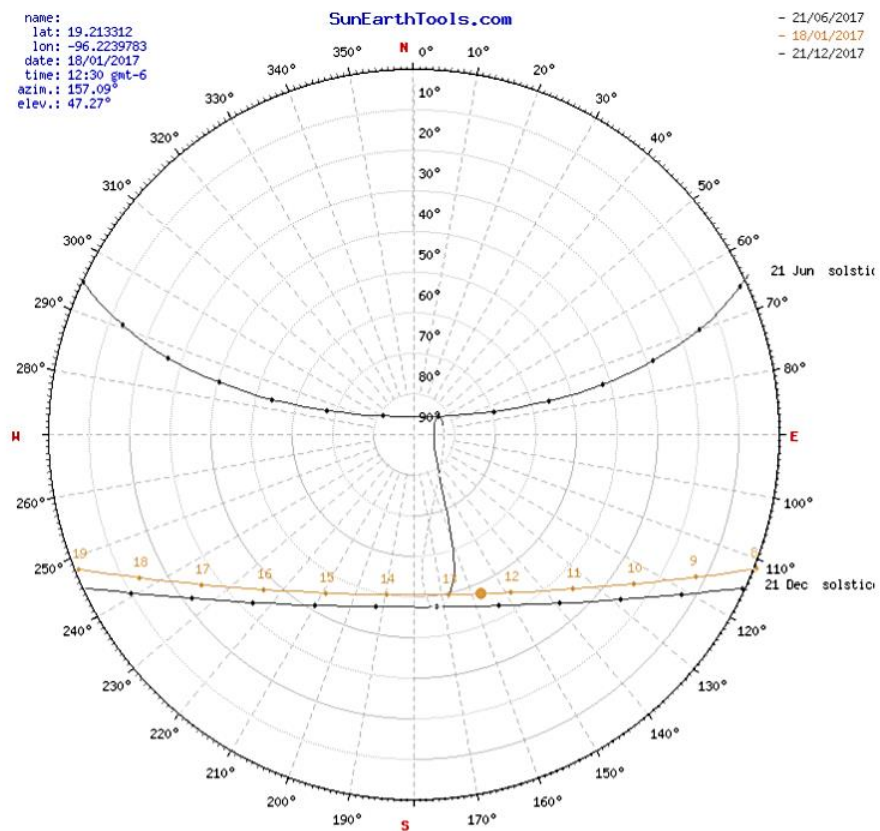
**Tabla del análisis solar, elevación y azimut cada 30 minutos**

<b>Fecha</b>	27/05/2017	
<b>Coordenadas</b>	19.213312, -96.2239783	
<b>Ubicación</b>	Boulevard Los Patos 155, Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, Veracruz, Veracruz, México	
<b>Hora</b>	<b>Elevación</b>	<b>Azimut</b>
06:46:54	-0.833	66.98
07:00:00	2.02	68.04
07:30:00	8.64	70.27
08:00:00	15.35	72.26
08:30:00	22.13	74.03
09:00:00	28.96	75.61
09:30:00	35.84	77.01
10:00:00	42.76	78.23
10:30:00	49.71	79.25
11:00:00	56.67	80.01
11:30:00	63.65	80.37
12:00:00	70.63	79.96
<b>12:30:00</b>	<b>77.59</b>	<b>77.57</b>
13:00:00	84.36	66.05
<b>13:30:00</b>	<b>87.12</b>	<b>320.46</b>
14:00:00	80.85	285.6
14:30:00	73.95	280.83
15:00:00	66.98	279.74
15:30:00	60	279.81
16:00:00	53.02	280.4
16:30:00	46.07	281.31
17:00:00	39.14	282.45
17:30:00	32.24	283.77
18:00:00	25.39	285.27
18:30:00	18.58	286.95
19:00:00	11.84	288.83
19:30:00	5.18	290.94
19:57:30	-0.833	293.12

Fuente: (SunEarthTools.com s.f.).

**ANEXO 9.** Análisis de la trayectoria solar en la vivienda No. 155. para el día más frío (18 de enero de 2017).  
Posición del Sol a las 12:30 pm.

**Gráfica estereográfica**



**Tabla del análisis solar**

sol" posición	Elevación	Azimet	latitudes	longitudes
18/01/2017 12:30   GMT-6	47.27°	157.09°	19.213312° N	96.2239783° W
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimet Sunrise	Azimet Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	08:01:27	19:09:40	111.39°	248.72°
crepúsculo civil -6°	07:38:04	19:33:00	109.58°	250.53°
Náutica" crepúsculo -12°	07:11:15	19:59:49	107.7°	252.42°
El crepúsculo astronómico -18°	06:44:41	20:26:21	106°	254.12°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía
18/01/2017	11:08:13	00:00:40	-00:00:38	13:35:33

Fuente: (SunEarthTools.com s.f.).

Análisis de la trayectoria solar en la vivienda No. 155. para el día más frío (18 de enero de 2017). Posición del Sol a las 12:30 pm.

**Tabla del análisis solar, elevación y azimut cada 30 minutos**

<b>Fecha</b>	18/01/2017	
<b>Coordenadas</b>	19.213312, -96.2239783	
<b>Ubicación</b>	Boulevard Los Patos 155, Fraccionamiento Geo Villas Los Pinos I, Veracruz, Veracruz, México	
<b>Hora</b>	<b>Elevación</b>	<b>Azimut</b>
08:01:27	-0.833	111.39
08:30:00	5.39	113.84
09:00:00	11.79	116.76
09:30:00	18.02	120.13
10:00:00	24.02	124.04
10:30:00	29.73	128.64
11:00:00	35.06	134.08
11:30:00	39.87	140.54
12:00:00	44	148.18
<b>12:30:00</b>	<b>47.27</b>	<b>157.09</b>
13:00:00	49.46	167.15
<b>13:30:00</b>	<b>50.38</b>	<b>177.98</b>
14:00:00	49.95	188.94
14:30:00	48.22	199.36
15:00:00	45.33	208.72
15:30:00	41.49	216.84
16:00:00	36.91	223.72
16:30:00	31.77	229.53
17:00:00	26.19	234.42
17:30:00	20.28	238.57
18:00:00	14.13	242.13
18:30:00	7.78	245.22
19:00:00	1.29	247.92
19:09:40	-0.833	248.72

Fuente: (SunEarthTools.com s.f.).

**ANEXO 10.** Cédula de observación aplicada.

1. Fraccionamiento \_\_\_\_\_ **Folio** \_\_\_\_\_  
 2. Municipio \_\_\_\_\_ **Fecha** \_\_\_\_\_  
 3. Estado \_\_\_\_\_  
 4. Años de construida la vivienda \_\_\_\_\_  
 5. Dirección: \_\_\_\_\_  
 6. Hipotecaria social: \_\_\_\_\_ 7. Empresa constructora: \_\_\_\_\_

**VARIABLES QUE SERÁN OBSERVADAS Y MEDIDAS EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

<b>8. Orientación</b>	Fachada principal:		
<b>VARIABLES ELEMENTO CLIMA</b>	<b>MEDICIONES</b>		
<b>9. Temperatura interior</b>	<b>HORA:</b>	<b>HORA:</b>	
	Valor:	Valor:	
<b>9.1 Temperatura exterior</b>	Valor:	Valor:	
<b>9.2 Sensación térmica</b>	Valor:	Valor:	
<b>9.3 Humedad relativa</b>	Valor:	Valor:	
<b>VARIABLES ELEMENTO CONFORT</b>	<b>CLASIFICACIONES</b>		
<b>10. Materiales</b>	Muros interiores: Muros exteriores: Cubierta:	Puertas: Ventanas: Pisos:	
<b>10.1. Elementos de protección solar verticales</b>	Existen	No existen	
<b>10.2. Elementos de protección solar horizontales</b>	Existen	No existen	
<b>10.3. Iluminación natural</b>	Buena	Regular	Mala
<b>10.4. Ventilación natural</b>	Buena	Regular	Mala
<b>10.5. Vegetación</b>	Existen	No existen	No cumple función
<b>10.6. Grado de confort</b>	Bueno	Regular	Malo
<b>10.7. Olores</b>	Malos olores	Ocasionales	Sin olores
<b>10.8. Ruidos</b>	Aceptable	Excesivo	Sin ruido

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 11.** Instrumento utilizado en las mediciones realizadas en la vivienda 155. los días 24, 25 y 26 de junio (solsticio de verano) y de diciembre (solsticio de invierno). Imagen tomada por la autora el 28 de junio de 2017.

**Instrumento: Skywatch Geos No. 9**



Fuente: Foto tomada por la autora. Fecha: 28 de junio de 2017.

ANEXO 12. Encuesta aplicada, páginas de la 1 a la 4. Fuente: Elaboración propia.

**MA**  
Casa abierta al tiempo

Folio \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

EL DISEÑO BIOClimÁTICO EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL  
JUNIO DE 2017

0. Fraccionamiento: Geo Pinos

1. Dirección: Bv. Los Patos 785

2. Municipio/ Estado: Veracruz, Ver.

3. Edad (años cumplidos) 56

4. Sexo: Hombre  (1)  
Mujer  (2)

5. Nivel máximo de estudios

Ninguno	(1)	Primaria incompleta	(2)
Primaria completa	(3)	Secundaria incompleta	(4)
Secundaria completa	(5)	Comercio/carrera técnica	(6)
Bachillerato incompleto/equivalente	(7)	Bachillerato completo/equivalente	(8)
Licenciatura incompleta	(9)	Licenciatura	(10)
Maestría	(11)	Doctorado	(12)
Otros	(13)		

6. Ocupación principal (ANOTAR UNA SOLA RESPUESTA):

Ata de casa	(1)	Comerciante establecido	(2)
Comerciante independiente (vía pública)	(3)	Empleada doméstica	(4)
Empleado de gobierno	(5)	Empleado en la iniciativa privada	(6)
Empresario	(7)	Estudiante	(8)
Estudiante-trabajador	(9)	Jubilado	(10)
Relacionada con el campo	(11)	Obrero	(12)
Profesionista independiente	(13)	Trabajador por cuenta propia	(14)
Desempleado	(15)	Ninguna	(16)
Otra	(17)		

7. ¿Conoce usted en que consiste un diseño bioclimático, en viviendas?  
SI   
NO \_\_\_\_\_

7.1. ¿Qué piensa usted del diseño bioclimático?  
Una opción para contribuir al cuidado del medio ambiente y uso racional d' recursos

8. Tiene problemas en su vivienda, respecto a:

ASPECTOS	SI (1)	NO (2)	UN POCO (3)
8.1. La iluminación natural		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.2. La ventilación natural		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.3. Sensación de calor		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.4. Sensación de frío		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.5. Entrada de rayos solares directos	<input checked="" type="checkbox"/>		
8.6. Vegetación existente o inexistente		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.7. Grado de confort (comodidad)		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.8. Presencia de olores		<input checked="" type="checkbox"/>	
8.9. Presencia de ruido	<input checked="" type="checkbox"/>		
8.10. Otras:			

9. ¿Es calurosa su vivienda?  
SI \_\_\_\_\_  
NO \_\_\_\_\_  
UN POCO

9.1. ¿En que mes es MÁS calurosa?  
Junio

9.2. ¿En que mes es MENOS calurosa?  
Enero

9.3. ¿En que horarios del día se siente MÁS CALOR en la vivienda?  
12° - 16°

9.4. ¿En que horarios del día se siente MÁS FRESCO en la vivienda?  
después de las 18°

9.5. ¿Cuál es el lugar MÁS CALUROSO de su vivienda?  
Patio

9.6. ¿Cuál es el lugar MÁS FRESCO de su vivienda?  
Sala

10. ¿Usted cree que su vivienda podría tener mejoras?  
SI   
NO \_\_\_\_\_

10.1. ¿Cuáles podrían ser estas mejoras?  
Separar las paredes colindantes para mayor ventilación

10.1.1. LISTA ALTERNATIVA DE POSIBLES MEJORAS:

10.1.2. Cisterna más grande \_\_\_\_\_

10.1.3. Calentador de paso \_\_\_\_\_

10.1.4. Contar con patio interior \_\_\_\_\_

10.1.5. Techos más altos

10.1.6. Mejor ventilación

10.1.7. Mejor iluminación \_\_\_\_\_

10.1.8. Aprovechamiento del agua de lluvia \_\_\_\_\_

10.1.9. Otras \_\_\_\_\_

11. Cúal es el nivel de satisfacción en su vivienda, en una escala de 1 a 10 (como en la escuela):

VARIABLES	Evaluación (de 1 a 10)
11.1. Ubicación	9
11.2. Existencia de vegetación	10
11.3. Existencia de elementos de protección solar	2
11.4. Distribución de los espacios de la vivienda	10
11.5. Sensación de calor	7
11.6. Sensación de frío	7
11.7. Comodidad	10
11.8. Adecuada ventilación natural	10
11.9. Adecuada iluminación natural	7
11.10. Materiales de su vivienda:	
En muros	5
En aberturas	5
En pisos	5
En cubierta	5

12. Nos interesa saber qué equipos de ventilación utiliza en su vivienda

EQUIPOS	SI	NO	EN QUE ÁREA DE LA VIVIENDA	CANTIDAD
12.1. Ventilador	<input checked="" type="checkbox"/>		parapetos sala, com.	2
12.2. Split	<input checked="" type="checkbox"/>		escaleras	3
12.3. Aire acondicionado				
12.4. Cooler				
12.5. Otros:				

13. ¿Qué piensa de la incorporación de tecnologías alternativas en su vivienda (calentadores solares, recogida de agua pluvial, paneles solares, etc.)?  
A favor  En contra \_\_\_\_\_ Va a ser inútil \_\_\_\_\_

13.1. ¿Por qué?  
contribuye a mejorar el medio con el uso de recursos naturales

13.2. En lo económico, para usted y su familia, cree que el uso de estos sistemas será:  
Mejor   
Igual \_\_\_\_\_  
Peor \_\_\_\_\_

14. Existen cubiertas verdes y muros verdes, ¿le gustaría contar con aberturas (ventanas) verdes?  
SI   
NO \_\_\_\_\_

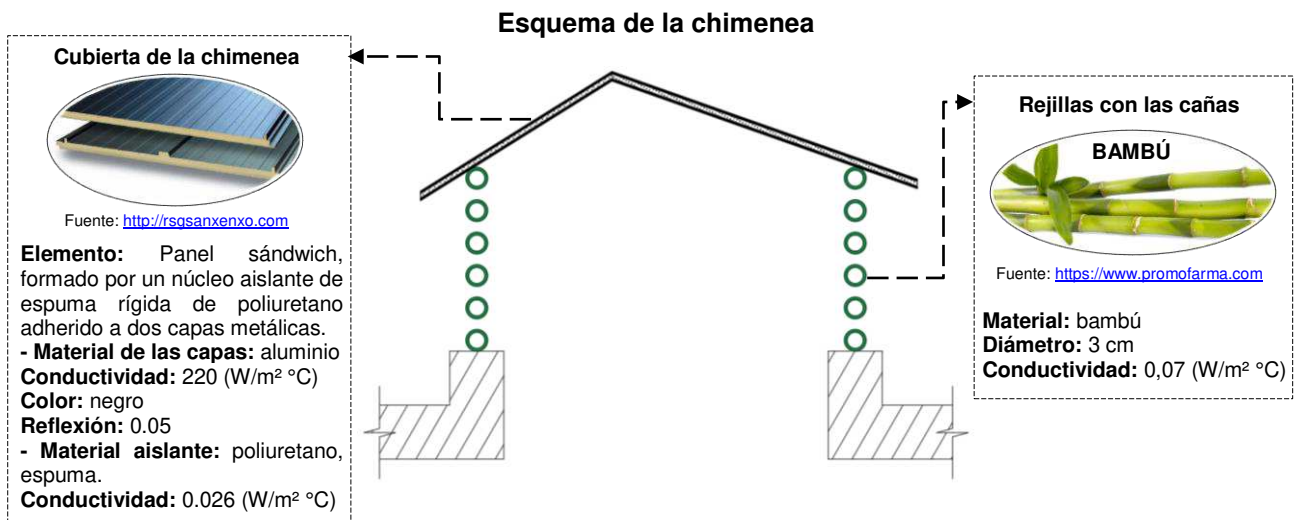
14.1. ¿Por qué le gustaría?  
mejorar las temperaturas

14.2. ¿Qué uso le daría?  
Decorativo, intercambio de calor.

¡Muchas gracias por su colaboración!

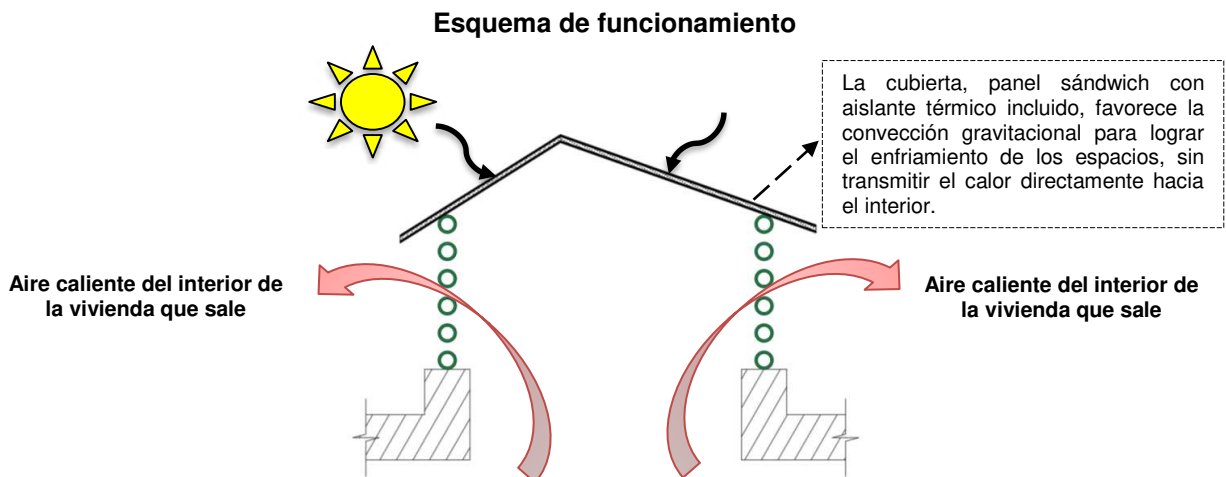
NOTAS DE LA ENCUESTADORA

**ANEXO 13.** Ventilación inducida por convección natural, efecto chimenea.



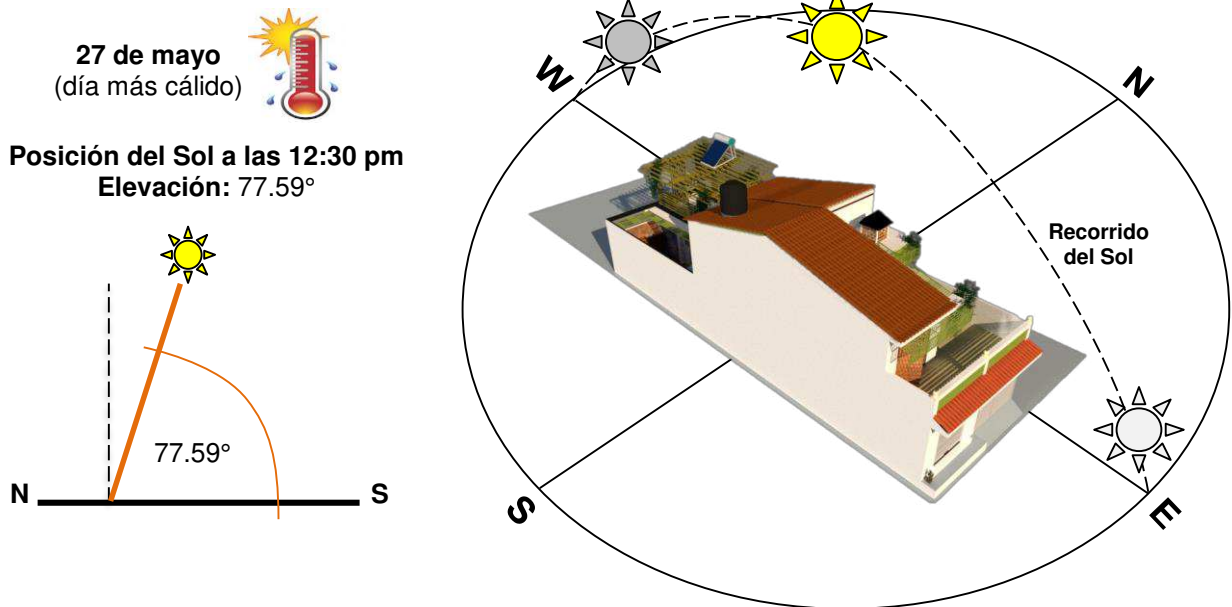
Fuente: Elaboración propia.

**Nota:** Los datos de conductividad de los materiales y reflexión del color fueron obtenidos de los anexos 23 y 26.1.



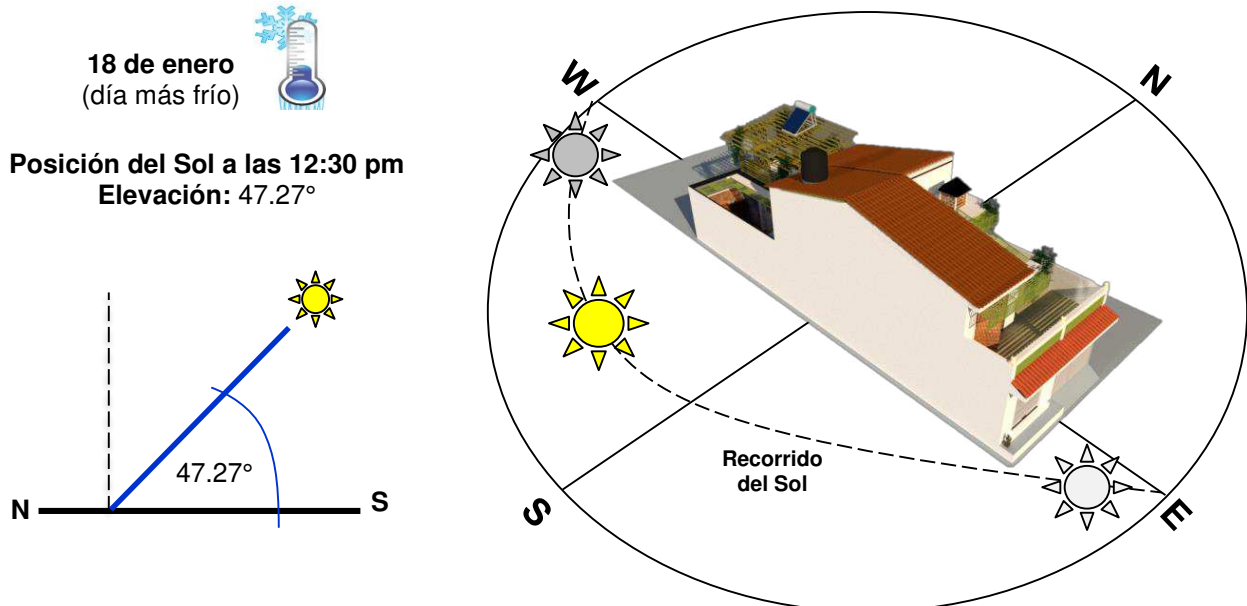
**ANEXO 14.** Ángulos de incidencia del Sol, según la trayectoria solar elaborada en la caracterización climática de la vivienda (imágenes 7 y 8), del capítulo 3.

**Ángulo de incidencia solar en el día más cálido del año (27 de mayo), según la caracterización climática local elaborada en el capítulo 3.**



Fuente: Elaboración propia.

**Ángulo de incidencia solar en el día más frío del año (18 de enero), según la caracterización climática local elaborada en el capítulo 3.**



Fuente: Elaboración propia.

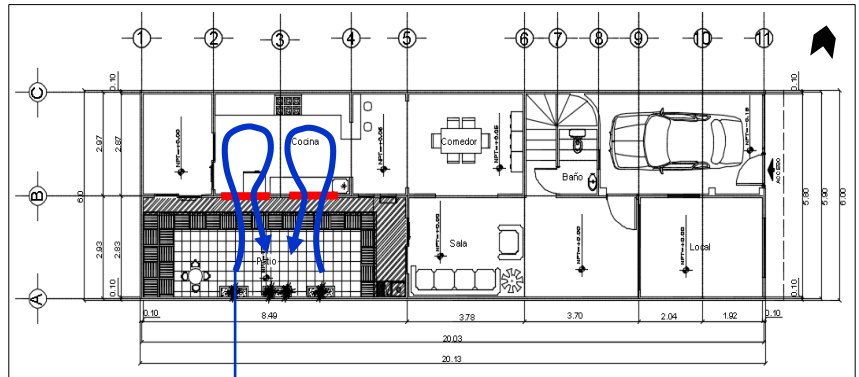
**ANEXO 15.** Ventilación natural en la cocina: cambio de la parte sólida que se encuentra encima de las ventanas por rejillas fijas de bambú para mejorar el flujo de aire.

**Estado actual**



Fuente: Foto tomada por la autora el 9 de febrero de 2018.

**Ubicación de las aberturas. Primer nivel**



Vientos del Sur  
(frecuencia 3.9 %)

Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Diseño de rejillas de bambú, cañas de diámetro 3 cm**



Vientos del Sur  
Frecuencia: 3.9 %

El diseño de las ventanas será igual que la del anexo 17, sustituyendo las que existen actualmente de vidrio, por bambú entretejido.

Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

**ANEXO 16.** Propuesta de aberturas superiores en los espacios local-sala.

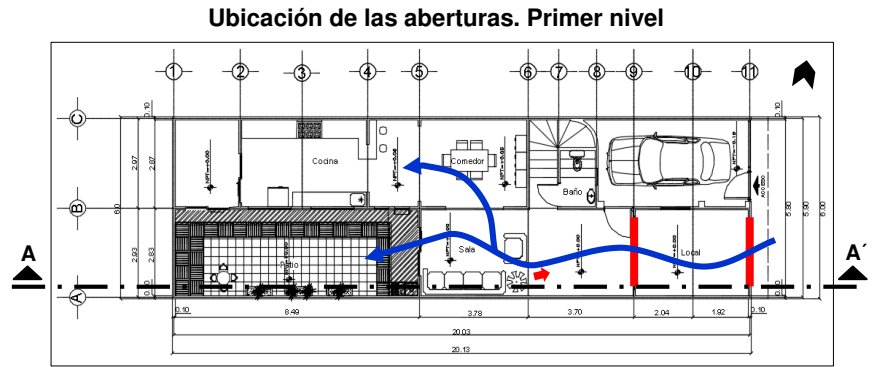
**Rejillas con las cañas**

**BAMBÚ**



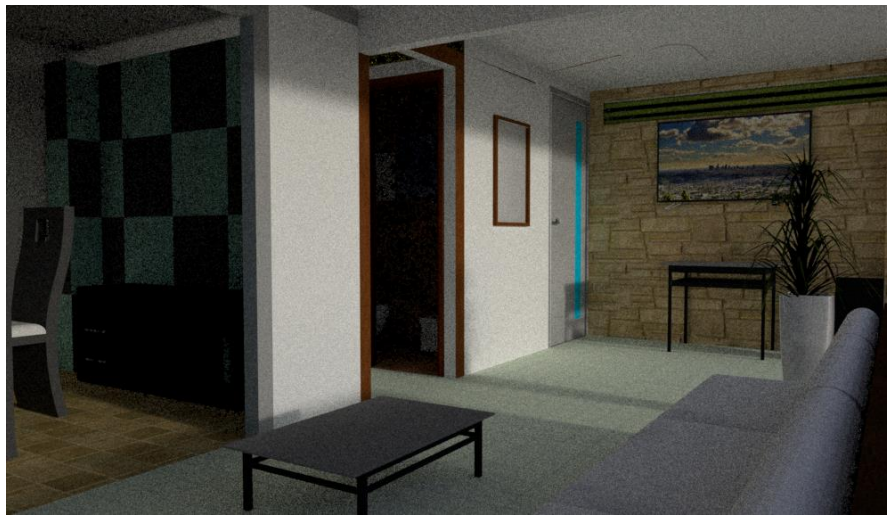
Fuente: <https://www.promofarma.com>

**Material:** bambú  
**Diámetro:** 3 cm  
**Conductividad:** 0,07 (W/m<sup>2</sup> °C)



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Diseño de aberturas superiores**



Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

**Corte perspectivado A - A', vientos del ENE (10.1%)**



Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

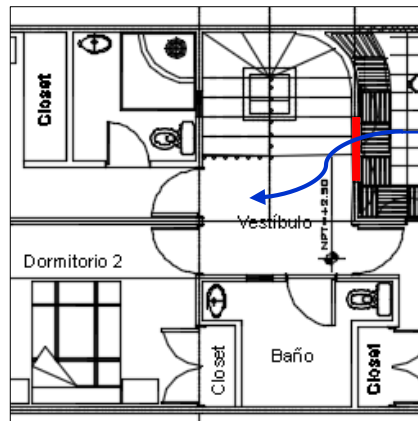
**ANEXO 17.** Ventana a modificar en el área de escalera, segundo nivel, para mejorar la circulación de aire a los dormitorios 2 y 3.

**Ventana actual**



Fuente: Foto tomada por la autora el 9 de febrero de 2018.

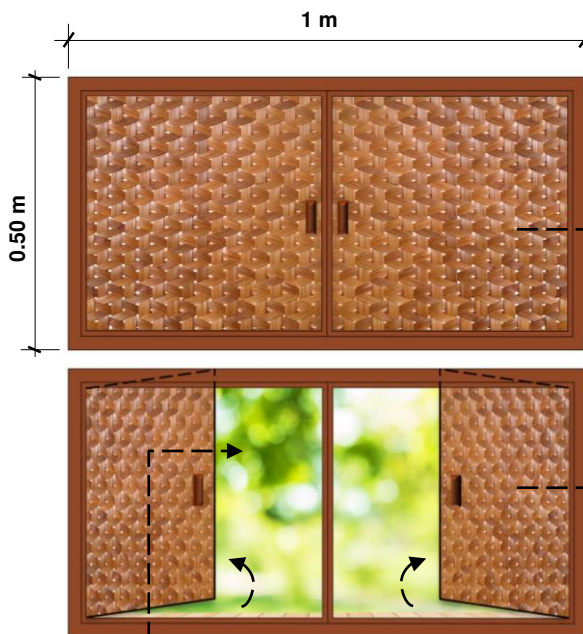
**Ubicación de la ventana y flujos de aire. Segundo nivel**



Vientos predominantes del NNE y ENE

Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Propuesta de modificación**



Bambú entretejido que permite el paso de aire, a pesar de estar cerrada la ventana. Conductividad: 0.04 (W/m °C) (baja).

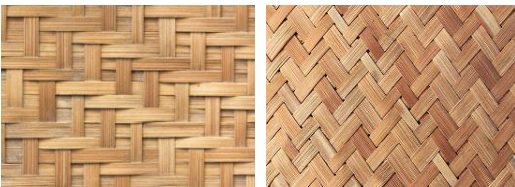
- Forma rectangular y horizontal, recomendado por autores como (Fuentes y García, 2005: 87).

La ventana se abre hacia afuera, ambas hojas, en aras de lograr mayor área libre de circulación del aire exterior hacia los espacios interiores.

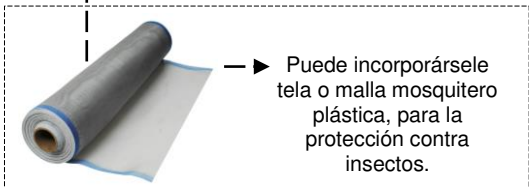
Existen otros diseños de entretejido como:



Fuente: <https://ar.pinterest.com>



Fuente: <https://powerpictures.crystalgraphics.com>



Puede incorporársele tela o malla mosquitero plástica, para la protección contra insectos.

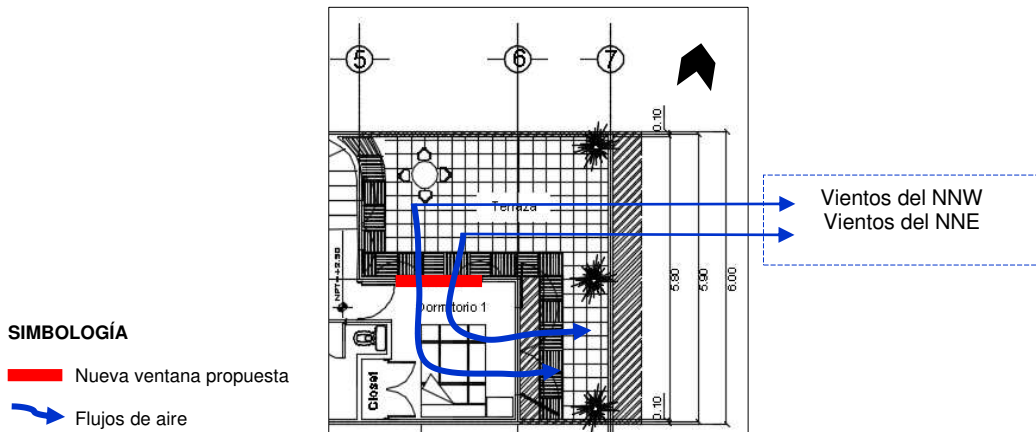
Fuente de la imagen: <http://tienda.urrea.com>



Fuente: <https://siwocco.nl>

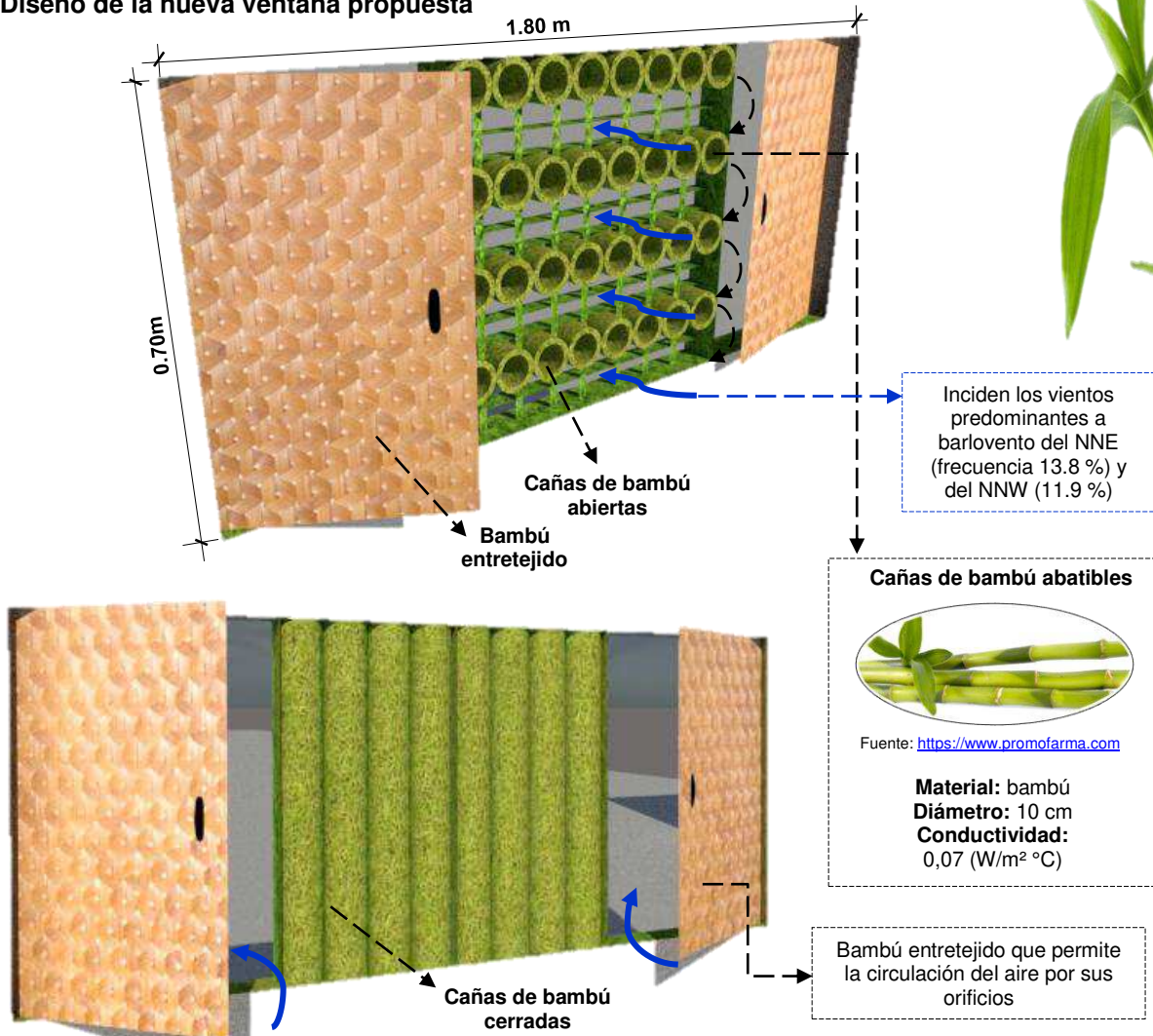
**ANEXO 18.** Propuestas de diseño en el dormitorio 1: nueva abertura propuesta para una ventilación cruzada diagonal, cálculo desarrollado en el capítulo 4.

**Ubicación de la ventana y flujos de aire. Segundo nivel**



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

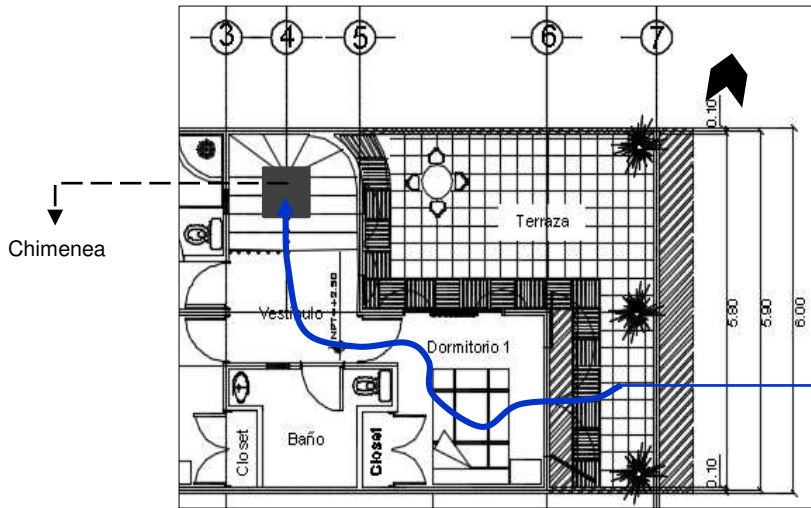
**Diseño de la nueva ventana propuesta**



Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

Fuente: <https://siwocco.nl>

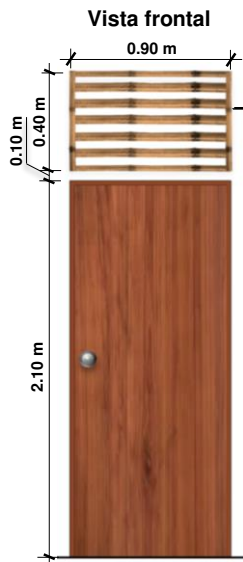
Flujos de aire. Segundo nivel



Vientos del ENE, aprovechar estos vientos predominantes que entran por la puerta-ventana (anexo 18.2), luego pasan por las rejillas de bambú (anexo 18.1) y sale el aire caliente por la chimenea.

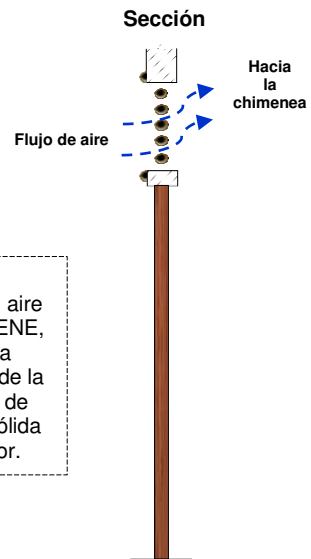
Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

ANEXO 18.1. Nueva abertura encima de la puerta de acceso.

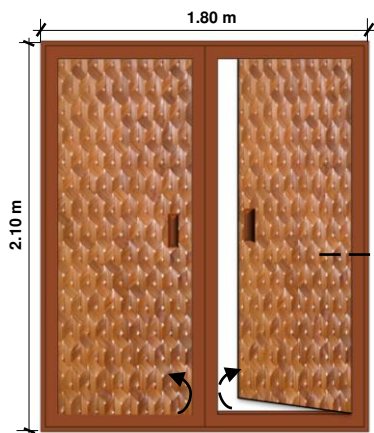


Abertura con rejillas de bambú, cañas de diámetro = 3 cm, que permite la circulación del aire (aprovechando los vientos predominantes del ENE, frecuencia 10.1%) desde la puerta - ventana existente hacia la abertura superior en el área de la escalera (efecto chimenea); como otra forma de ventilar la habitación. La puerta se mantiene sólida para dirigir el viento hacia la abertura superior.

Fuente: Elaboración propia.



ANEXO 18.2. Rediseño de la puerta - ventana existente de vidrio.



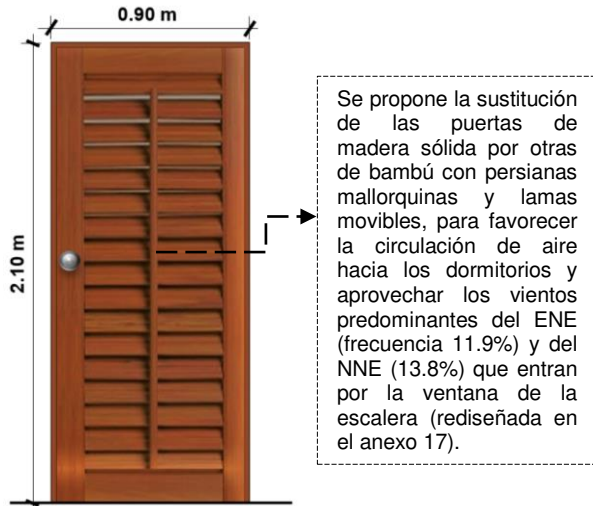
Se propone la sustitución de la puerta - ventana de vidrio (con alta conductividad = 0.93 W/m °C), existente actualmente, por la que se muestra en la imagen con paños de bambú entretejido (baja conductividad térmica = 0.04 W/m °C).

Se abre hacia afuera, ambas hojas, en aras de lograr mayor área libre de circulación del aire exterior hacia el interior.

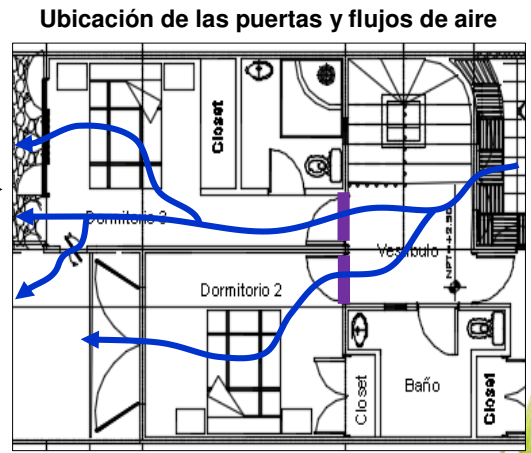
Se propone el uso de este diseño en las puertas - ventanas existentes en la vivienda (ya que todas, actualmente, son de vidrio), en aras de evitar ganancias térmicas por la presencia de este material con alta conductividad térmica.

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 19.** Transformaciones en el diseño de las puertas de acceso de los dormitorios 2 y 3.



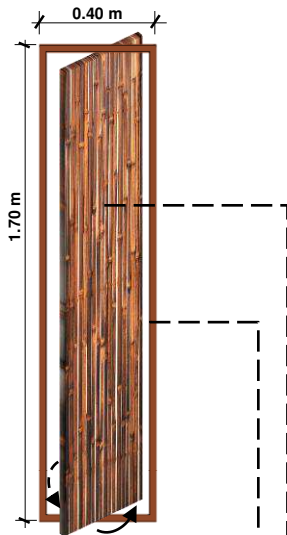
Fuente: Elaboración propia.



**Segundo nivel**

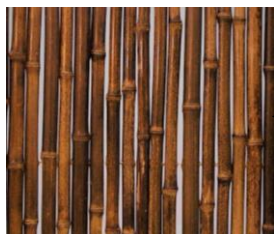
Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**ANEXO 19.1.** Nueva abertura de bambú entretejido, en el dormitorio 3.



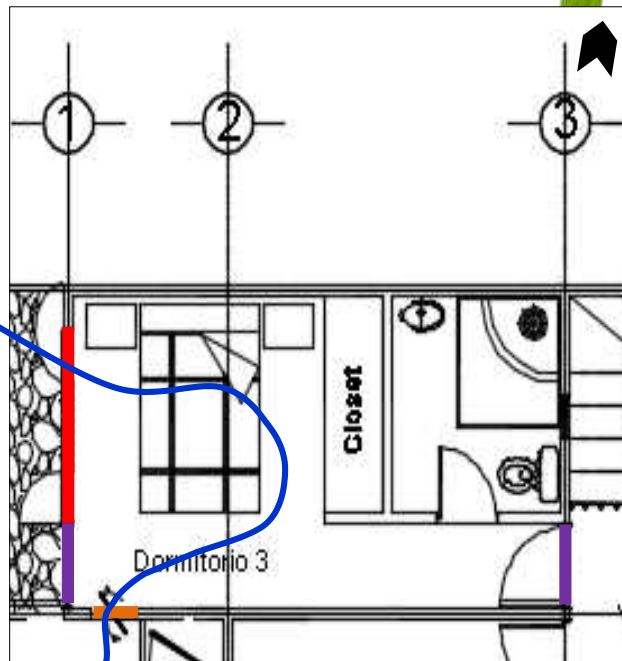
Fuente: Elaboración propia.

Ventana abatible con cañas de bambú entretejido para el paso del aire cuando esté cerrada.



Fuente: <http://2articles.us/bamboo-along-fence.asp>

**Ubicación de la ventana y flujos de aire. Segundo nivel**



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

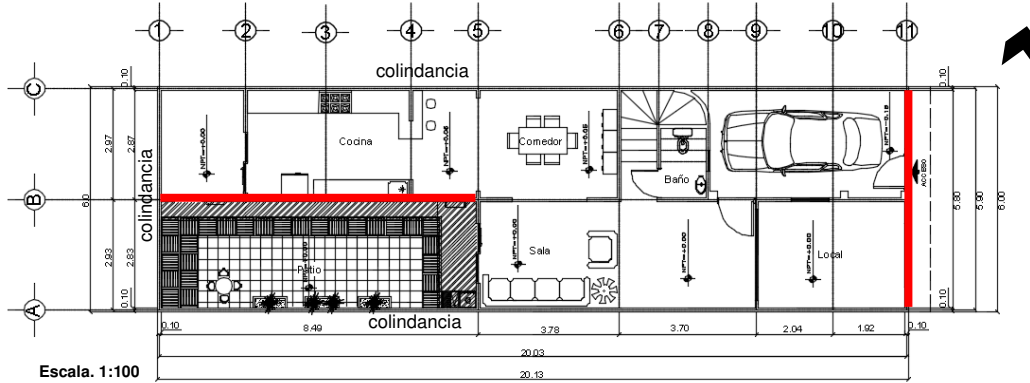
**SIMBOLOGÍA**

- Ventana del anexo 19.1
- Ventana del anexo 18
- Puerta del anexo 19

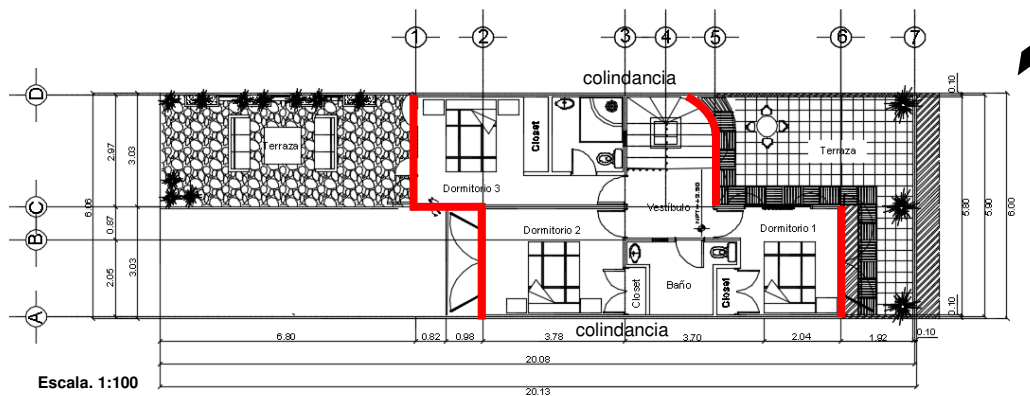
**ANEXO 20.** Aislante térmico de poliestireno expandido en muros y cubierta.

Se plantea el uso de material aislante (poliestireno expandido) en muros orientados al Sur, Oeste y Este, para evitar ganancias solares directas que provocan el calentamiento de los espacios interiores; tal como se muestra en las plantas y esquema.

**Planta arquitectónica. Propuesta, primer nivel**



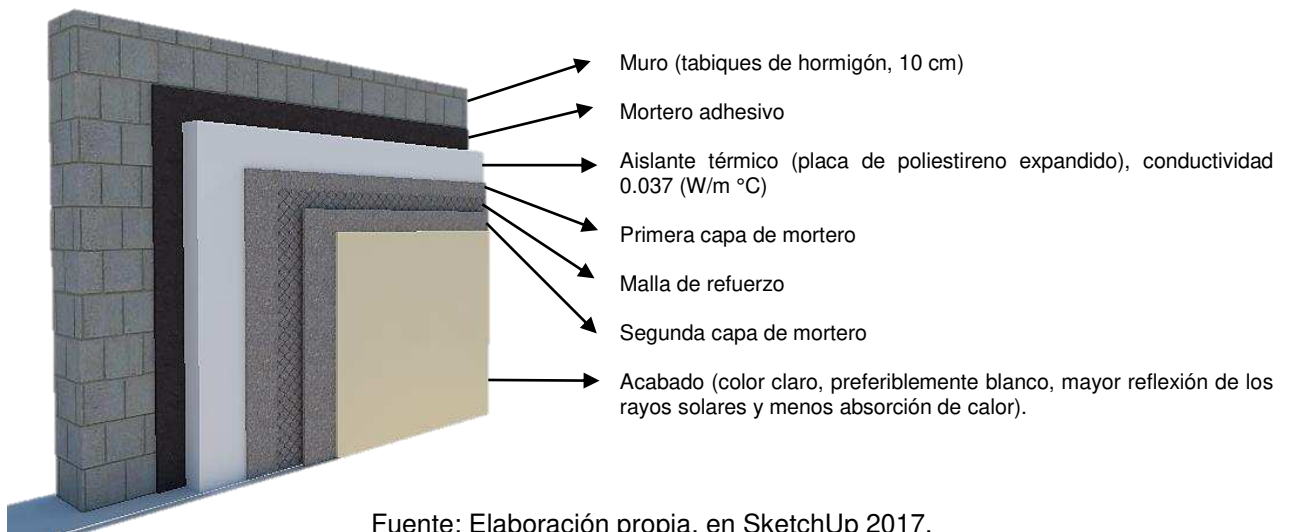
**Planta arquitectónica. Propuesta, segundo nivel**



**SIMBOLOGÍA**  
 Muros a incorporar aislante térmico

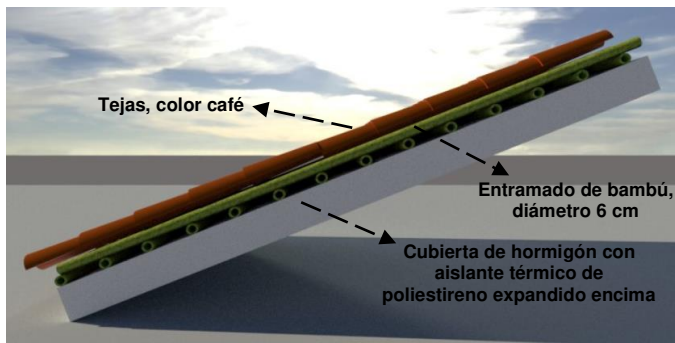
Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Esquema: uso del aislante térmico, poliestireno expandido en placas**

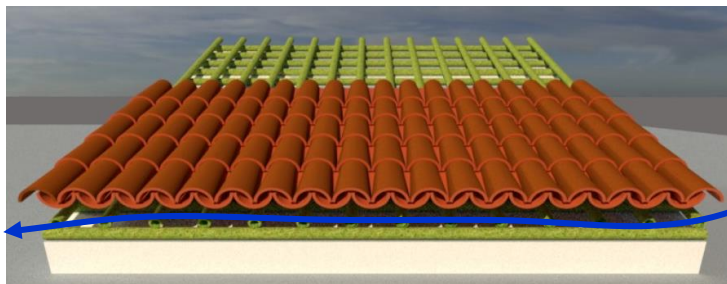


Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

### En la cubierta



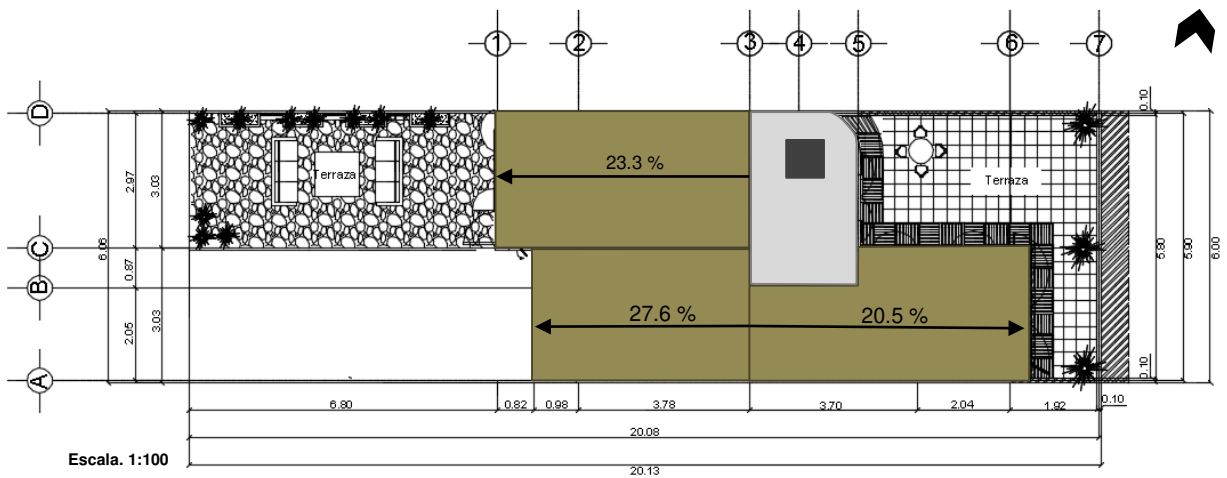
Se propone el uso de aislante térmico (poliestireno expandido) en la cubierta, y encima de éste (en el caso de las inclinadas) un entramado de bambú sobre el que se colocarán las tejas de color café (reflexividad = 0.30), mayor que las de color rojo, existente actualmente (reflexividad = 0.17).



De esta forma se crea una doble cubierta más ventilada, con doble protección, que permite la circulación del aire entre

Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

### Representación de las cubiertas, empleo de aislante térmico



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

#### SIMBOLOGÍA

- Cubiertas con doble protección, propuesta de aislante térmico y tejas separadas por entramado de bambú, para el paso de aire.
- Cubierta plana, en el área de la escalera.
- Chimenea para la evacuación del calor interior.

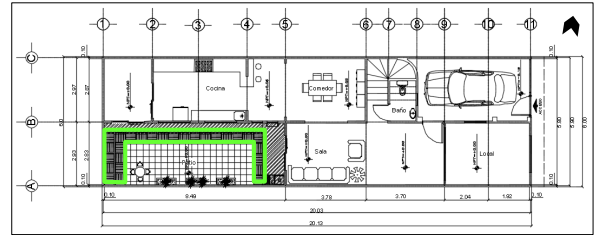
**ANEXO 21. Protección solar: elementos horizontales.**

**Terraza al frente**

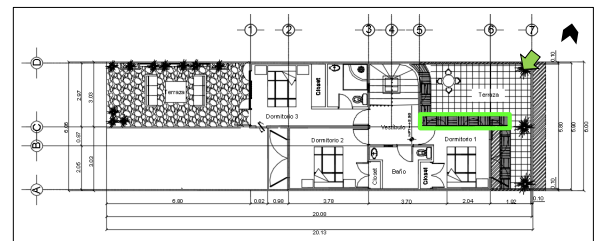


Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

**Ubicación de los elementos de protección solar, horizontales**



**Primer nivel**



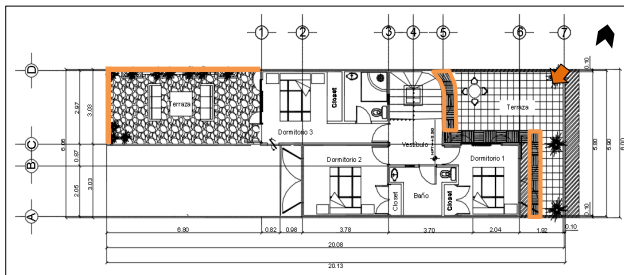
**Segundo nivel**

Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**ANEXO 21.1. Protección solar: elementos verticales.**

**Ubicación de los elementos de protección solar, verticales.**

**Segundo nivel**



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Vegetación propuesta en los elementos**



Fuente: <http://www.floresefolhagens.com.br>

**Especie:** Thunbergia grandiflora, azul.  
**Uso:** en jardín apoyado en pérgolas, enrejados y vallas extensas. Sube enrollando en espiral en el primer soporte que encuentra.  
 - De climas cálidos.



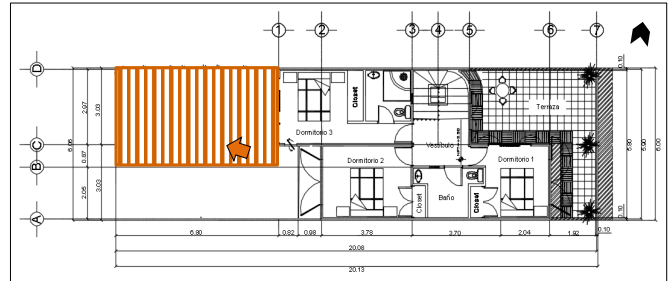
Fuente: <https://siwocco.nl>

**ANEXO 22.** Protección solar: pérgolas de la terraza propuesta en el segundo nivel.



Fuente de las imágenes: <https://ar.pinterest.com>

**Ubicación de las pérgolas en la terraza propuesta. Segundo nivel**



Fuente: Elaboración propia, en AutoCAD 2017.

**Render, pérgolas en terraza propuesta, anteriormente área libre**



Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

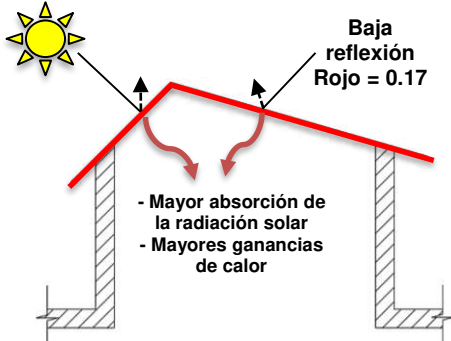
**ANEXO 23. Reflectancia de los colores propuestos en acabados.**

**Factores de reflexión de algunos acabados de pintura mate**

	Colores	Reflectancia
Acabado propuesto en todos los muros	Blanco	0.85
Cambio en el muro exterior de la escalera, de naranja intenso (actualmente) por amarillo claro, que tiene mayor reflectancia y, por consiguiente, reduce la transmisión de calor hacia el interior.	naranja	0.54
	Naranja intenso	0.28
Cambio del color de acabado en la cubierta, de rojo intenso (actualmente) por café, que tiene mayor reflectancia y reduce la transmisión de la radiación solar incidente.	Amarillo claro	0.82
	Amarillo intenso	0.70
Acabado propuesto en la cubierta de la chimenea para garantizar la ventilación inducida por convección natural, efecto chimenea.	Azul claro	0.45
	Rojo intenso	0.17
	Café	0.30
	Verde oscuro	0.09
	Negro	0.05

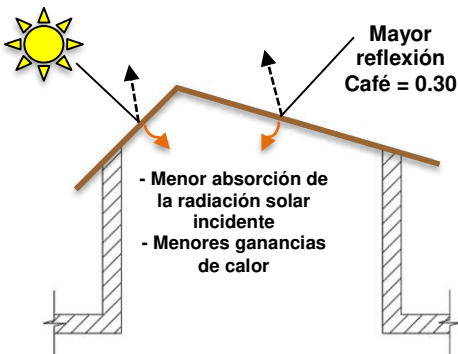
Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Hernández, 2007: 89) y (Lacomba, 1991: 232).

Acabados con mayor reflectancia, garantizan que la superficie del material absorba una menor proporción de la radiación incidente. “La proporción no absorbida es reflejada” (Evans y de Schiller, 1991: 105). Los siguientes esquemas ejemplifican lo antes expuesto.



Cubierta, acabo color rojo, reflectancia = 0.17 (baja), genera mayor absorción de la radiación solar incidente y, por ende, mayor ganancia calorífica en los espacios interiores.

**Esquema, cubierta roja**  
Fuente: Elaboración propia.

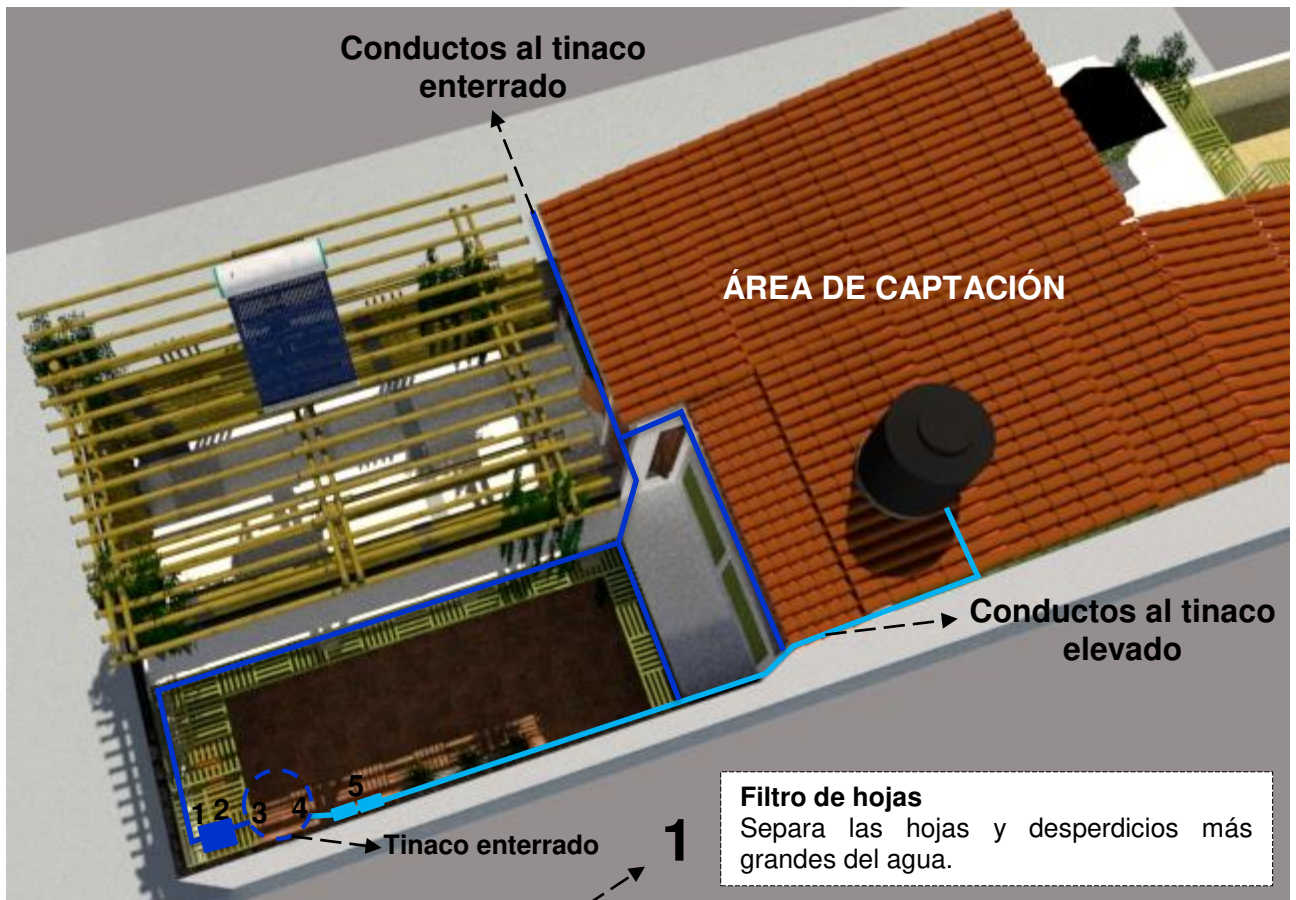


Cubierta, acabo color café, reflectancia = 0.30 (mayor que la del rojo), genera menor absorción de la radiación solar incidente y menor ganancia calorífica en los espacios interiores.

Con la incorporación de aislante térmico, serían menores las ganancias de calor.

**Esquema, cubierta café**  
Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 24. Estrategias sustentables: sistema de captación de agua pluvial.



## PASOS ESENCIALES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

La captación de agua de lluvia, permite reducir la cantidad de energía usada para bombear y transportar agua a las viviendas, al menos en la temporada de lluvias.

Usos fundamentales en la vivienda del agua pluvial: regar las plantas, labores de limpieza doméstica, lavar los trastes, entre otros.

En este caso, la temporada más lluviosa es de junio a octubre, según la Caracterización Climática Local desarrollada en el capítulo 3.

Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017, con base en <http://islaurbana.org/>.

- 1 **Filtro de hojas**  
Separa las hojas y desperdicios más grandes del agua.
- 2 **Tlaloque**  
Separador de primeras hojas. Éste intercepta la parte más contaminada de cada aguacero, permitiendo mandar el agua más limpia al tinaco.
- 3 **Reductor de turbulencia**  
Permite que el agua entre al tinaco de forma calmada y no revuelva los sedimentos que se acumulan en el fondo.
- 4 **Pichancha flotante**  
Evita que la bomba succione agua del fondo del tinaco, donde se acumulan sedimentos.
- 5 **Tren de filtrado**  
El primer filtro quita sedimentos menores a 50 micras y el segundo es de carbón activado que elimina contaminantes más finos.

**ANEXO 25.** Estrategias sustentables: captación térmica activa. Colector plano y acumulador integrados, como sistema solar activo propuesto.

**Colector y acumulador integrados, características**

<b>Conversión térmica</b>	Permite alcanzar temperaturas por debajo de los 100 °C.
<b>Uso en la vivienda</b>	Calentamiento de agua para consumo (cocina, aseo, etc.).
<b>Ventajas</b>	Costo moderado, sencillez, colocación como un solo sistema, la reducida distancia entre tanque y colector disminuye las pérdidas de calor. Este sistema funciona bien para el precalentamiento de agua.

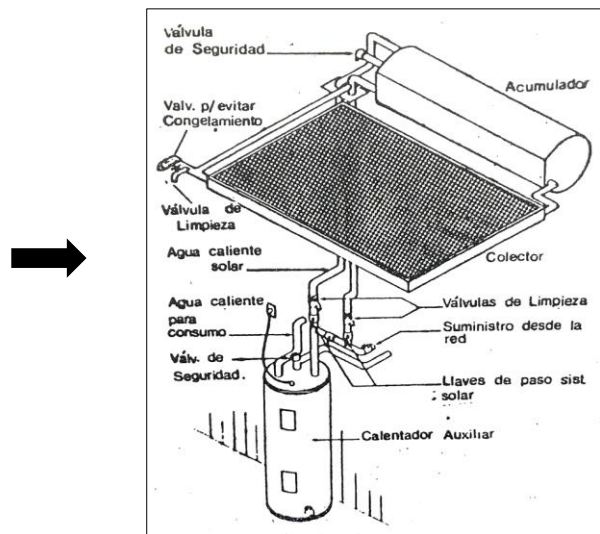
Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Evans y de Schiller, 1991: 160-161).

**Imagen de colector solar plano y acumulador integrados**



Fuente: Foto tomada por la autora el 20 de junio de 2018.

**Esquema de funcionamiento**



Fuente: (Evans y de Schiller, 1991: 162).

**Propuesta de ubicación**



Fuente: Elaboración propia, en SketchUp 2017.

**ANEXO 26.** Tabla de emitancia de algunas superficies.

Valores de emitancia ( $\epsilon$ ) empleados en los cálculos para obtener las ganancias de calor en el dormitorio 1, en el capítulo 4.

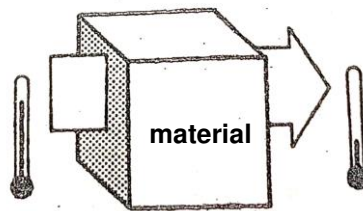
Superficie	Emitancias $\epsilon$ a 50 °C
Vidriado blanco	0.95
Colores claros	0.90
Colores oscuros	0.90
<b>Techumbres</b>	
Asfáltica	0.96
Tejas rojas	0.85
Teja blanca	0.50
Aluminio	0.11
<b>Pintura</b>	
Blanco	0.95
Negro mate	0.96
<b>Superficies de edificios</b>	
Clara	0.60
Media	0.85
Oscura	0.95

Fuente: Elaboración propia con base en (Lacomba, 1991: 232).

**ANEXO 26.1.** Coeficientes de conductividad de algunos materiales analizados.

Descripción	Conductividad (W/m °C)
<b>Materiales aislantes</b>	
Poliuretano, espuma	0.026
Poliestireno, placa	0.037
<b>Materiales de construcción</b>	
Concreto	1.80
Mortero cemento-arena	0.63
Tabique	0.65
PVC y goma	0.40
Vidrio sencillo	0.93
Bambú: Diámetro mayor a 15 mm	0.07
Diámetro menor a 15 mm	0.04
<b>Metales</b>	
Aluminio	220.0

La **conductividad térmica** es el flujo de calor que atraviesa un material según su superficie, espesor y diferencia de temperatura entre ambas caras (Evans y de Schiller, 1991: 105).



**Conductividad térmica**  
Fuente: (Evans y de Schiller, 1991: 105).

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de (Lacomba, 1991: 231 y 232), (Hernández, 2007: 88) y (Cedeño, 2010).

**ANEXO 26.2.** Tabla del factor de relación de las aberturas para el cálculo de la cantidad de aire (en m<sup>3</sup>/s) que entrará en el dormitorio 1 con la abertura propuesta.

Área de salida Área de entrada	fr (factor de relación)
5:1 = 5	1.38
4:1 = 4	1.37
<b>3:1 = 3</b>	<b>1.33</b>
2:1 = 2	1.26
1:1 = 1	1.0
3:4 = 0.75	0.84
1:2 = 0.50	0.63
1:4 = 0.25	0.34

Factor de relación utilizado para el cálculo de la cantidad de aire en m<sup>3</sup>/s que entrará por la nueva abertura propuesta en el dormitorio 1, en el mes de mayo (el más cálido); para generar una ventilación cruzada óptima, en la que la abertura de entrada sea menor que la de salida.

Fuente: Elaboración propia con base en (Fuentes y García, 2005: 94).