



Universidad Tecnológica

Nuestro Compromiso es la Innovación

Título de la investigación

DISEÑO DE UN MODELO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE. FASE I.

Investigadores

Ana Cristina Vidal Vidales

Luis Ernesto Rico Herrera

Guillermo Francisco Vásquez Cromeyer

La presente investigación fue subvencionada por la Universidad Tecnológica de El Salvador. Las solicitudes de información, separatas y otros documentos relativos al presente estudio pueden hacerse a la dirección postal: calle Arce, 1020, Universidad Tecnológica de El Salvador, Vicerrectoría de Investigación, Dirección de Investigaciones, edificio *José Martí*, 2ª y 3ª planta, o al correo electrónico: ana.vidal@utec.edu.sv

San Salvador, 2010

Derechos Reservados

© Copyright

Universidad Tecnológica de El Salvador

ÍNDICE

1 Resumen	3
2. Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible	3
3. Planteamiento del problema	5
4. Objetivos	5
4.1 Objetivo general	5
4.2 Objetivos específicos	6
5. Marco teórico	6
5.1 Desarrollo sostenible	6
5.2 Desarrollo sustentable	8
6. Las urbanizaciones	10
6.1 Características de los sistemas urbanos	10
6.2 Consecuencias de los sistemas urbanos	11
6.3 Densidad poblacional	12
7. Conceptualización. Arquitectura bioclimática	13
7.1 Definición	13
7.2 Antecedentes históricos	13
8. Elementos por analizar en el diseño bioclimático	18
9. Conceptualización. Arquitectura sostenible	29
9.1 Definición	29
9.2 Antecedentes históricos	30
10. Criterios de diseño bioclimático	31
10.1 El diseño de la casa	31
10.2 Forma de la vivienda	32
10.3 Control solar	34
10.4 Protección contra el viento y aprovechamiento de los movimientos de aire	37
10.5 Protección contra ruidos	40
10.6 Efectos aislantes de los materiales	42
11. Elementos de arquitectura sostenible	49
12. Adaptación al contexto salvadoreño: clima y recursos naturales disponibles en el país	52
12.1 Clima	52
12.2 Microclima	52

12.3 Geomorfología	53
12.4 Régimen de lluvias	54
12.5 Suelo y subsuelo	55
12.6 Radiación solar	56
12.7 Viento	56
13. Adaptación de los criterios de diseño bioclimático al contexto nacional	56
14. Análisis de características poblacionales del área urbana para definir las características de los sujetos (características generales de la familia) que podrían beneficiarse	58
15. Diseño de la vivienda	59
15.1 Memoria de diseño	63
16. Método general	80
16.1 Objeto de Estudio	81
16.2 Criterios de diseño	81
16.3 Sistemas tecnológicos aplicados al diseño	81
17. Procedimiento general	82
18. Experimento 1	82
18.1 Instrumentos	83
18.2 Resultados	83
18.3 Discusión	86
19. Experimento 2	87
19.1 Instrumentos	87
19.2 Resultados	88
19.3 Discusión	102
20. Experimento 3	102
20.1 Instrumentos	102
20.2 Maqueta	102
20.3 Túnel de viento	105
21. Resultados	1222
22. Discusión	1277
23. Conclusiones y recomendaciones	13030
24. Bibliografía	133

1 Resumen

El presente documento plantea una iniciativa de desarrollo para la población salvadoreña, donde se establece la posibilidad de analizar y desarrollar una vivienda que no solo sea confortable y con beneficios económicos para sus habitantes, sino también amigable con el medio ambiente. El marco teórico de este proyecto contiene criterios y elementos de bioclimatización y sostenibilidad, que posteriormente se adaptan a la realidad nacional, de donde se concluye un potencial para el uso de la energía solar como fuente energética de la vivienda, aprovechamiento de la lluvia como parte del reciclaje de aguas y su climatización, así como la circulación de aire fresco dentro de la estructura propuesta. Se utilizaron tres diferentes experimentos para darle validez al proyecto: la medición de temperatura ambiental, tanto fuera como dentro de tres viviendas ubicadas en diferentes puntos de San Salvador; la elaboración de una maqueta virtual donde se presenta el asoleamiento por horas para visualizar el comportamiento de la vivienda ante la exposición; y un tercer experimento, que es la construcción de un túnel de viento y de un modelo a escala para determinar cómo sería la circulación del viento dentro de la vivienda.

2. Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible

“El estilo de los edificios debe ser manifiestamente diferente en Egipto que en España, en Pontus y en Roma, y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra, se encuentra muy alejada de él; y por último, existe una afectada por su radiación pero a una distancia moderada.”
–Vitruvio, *De Arquitectura*. Citado en Olgyay, 2002.

Basta con observar detenidamente la arquitectura vernácula de cada uno de los países del mundo, en cada una de las regiones climáticas en las que se encuentran, para darse cuenta de cómo cada uno de los grupos se adaptó al clima en el que se asentaron. Estas manifestaciones de arquitectura en su estado más puro son resultado de la observación y estudio del entorno, del

aprendizaje empírico basado en la prueba y el error, el ejemplo más claro de la arquitectura bioclimática y sostenible.

La arquitectura vernácula es bioclimática porque responde al clima en el que está construida, de manera que provee un refugio de la excesiva radiación solar, la lluvia, la nieve; permite a los habitantes permanecer en su interior teniendo la certeza de que la temperatura será agradable, proveyendo un lugar adecuado para la realización de las actividades cotidianas. Es sostenible porque para construirla se utilizaban al máximo los recursos disponibles en la región, en una medida en la que se procuraba mantener un equilibrio con la naturaleza, pues se entendía que la vida dependía de ella.

Así mismo, de la forma en que se construían las viviendas dependía también el ordenamiento del asentamiento, aldea o ciudad. Las viviendas constituían un elemento más en el sistema sobre el que se establecía cada grupo social, en el que, poco a poco, se iban diversificando las actividades productivas en conjunto con actividades recreativas y religiosas.

Es a partir de las revoluciones tecnológicas cuando se incrementa el acceso a la comunicación, comienzan a darse procesos de choques culturales y comienzan a mezclarse –o en el peor de los casos, a perderse– las respuestas y elementos propios de cada región. La tecnología proporcionó avances en las comunicaciones, en el comercio, en las formas y materiales constructivos, dando como resultado ciudades como las contemporáneas, donde el énfasis es distinto al de la armonía con el entorno. El ser humano es ahora capaz de habitar prácticamente en cualquier lugar del planeta gracias a equipos mecánicos que le permiten conseguir temperaturas confortables, a un alto precio si se toma en cuenta la degradación ambiental que ello supone.

A pesar de que aún en la actualidad es imposible obviar ciertos criterios arquitectónicos de adaptación al clima –tales como pendientes de techos, materiales y otras estrategias constructivas adecuadas para responder a las inclemencias del tiempo–, la demanda de vivienda y el predominio del esquema economicista han hecho que las respuestas arquitectónicas dejen de ser armónicas con la naturaleza y que no respondan por completo a las necesidades humanas básicas de *confort*.

La tradición constructiva de la vivienda salvadoreña se basa en alcanzar procesos constructivos en el mínimo lapso posible y con una estética funcional. Así, pueden observarse urbanizaciones que no toman en cuenta la orientación y distribución adecuada de las viviendas,

haciendo que muchas veces resulte imposible permanecer en una habitación debido a las temperaturas que se salen de las adecuadas para el *confort*. La topografía natural de los terrenos es alterada; se construye, con materiales que impermeabilizan el suelo, en áreas naturales protegidas o de servidumbre de ríos y fuentes superficiales de agua, impidiendo que la naturaleza sea capaz de regenerarse por sí misma y dando lugar a desastres naturales, tales como deslizamientos e inundaciones.

Al diseñar viviendas, las condiciones climáticas se consideran a un nivel práctico y no se profundiza en la eficiencia que el diseño pueda desarrollar para contrarrestar efectos negativos ambientales. Al respecto, Olgyay (2002:10) dice: “[E]l proceso lógico sería trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas”.

El aprovechamiento de recursos naturales de cada región, sin implicar su degradación, contribuye a una vida más *confortable* y armónica, y cuando se combina con una necesidad básica de las sociedades, como lo es la vivienda, el aporte a la vida cotidiana y, por lo tanto, al desarrollo, se vuelve significativo, pues contribuye al aspecto económico –reduciendo costos y demanda de servicios–, y al cultural –evitando la pérdida de respeto por el medio ambiente y creando un espacio más agradable para ser habitado–, entre otros. Es innegable que, al orientar las formas de hacer arquitectura y urbanizar, se estarían protegiendo y aprovechando los recursos naturales que están al alcance de la sociedad.

3. Planteamiento del problema

¿Cuáles son los criterios arquitectónicos y ambientales, y las técnicas apropiadas, que podrían volver eficiente el diseño de la vivienda, en cuanto a las condicionantes climáticas imperantes en El Salvador?

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Diseñar un modelo de vivienda urbana siguiendo criterios de diseño bioclimático y de sostenibilidad, tomando en cuenta su disponibilidad y costo en el contexto nacional, y

permitiendo el aprovechamiento de los recursos naturales y ambientales, minimizando los efectos negativos al medio ambiente.

4.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros que regirán el desarrollo del estudio.
- Realizar el diagnóstico documental del contexto constructivo de la vivienda urbana salvadoreña, incluyendo su injerencia en el medio ambiente.
- Establecer, por medio de comparación y la aplicación de criterios bioclimáticos, las características mejoradas de una vivienda que satisfaga las necesidades habitacionales y de sostenibilidad para los pobladores, y acordes a los condicionantes ambientales.
- Crear una propuesta de diseño de vivienda (modelo) lo suficientemente versátil para ser utilizada por instituciones que proveen de vivienda a la población del país.
- Establecer una alianza con una institución o entidad externa que colabore en el financiamiento de un prototipo del modelo diseñado.
- Recrear un prototipo de vivienda bioclimática y sostenible lo suficientemente versátil para ser utilizada por instituciones que proveen de vivienda a la población del país.

5. Marco teórico

5.1 Desarrollo sostenible

Durante el período de la modernización (1945-1975), con un enfoque promotor de desarrollo basado principalmente en el crecimiento económico, se consideró que la industrialización era fundamental para conseguir sociedades con mejores niveles de vida y producción. Elementos complementarios e ineludibles eran la actualización tecnológica para, entre otras cosas, tecnificar y al mismo tiempo fomentar la producción agrícola y la productividad en general, y fomentar la urbanización (Calderón, 2008). Pronto, lo rural fue considerado como un símbolo de atraso; implicaba falta de progreso y eficiencia, los seres

humanos fueron sustituidos por máquinas y el crecimiento de las áreas urbanas fue en forma exponencial e inevitable.

El resultado y las consecuencias de esta ideología economicista, que años más tarde serían evidentes, dejaron en claro que el enfoque no era capaz de responder a las necesidades de los seres humanos en todas sus dimensiones, pues no presentaba soluciones a largo plazo; promovía las tendencias materialistas y confiaba su suerte al mercado. Desde entonces, han surgido nuevos enfoques que intentan incorporar distintas dimensiones del ser humano con la idea de perfeccionar el concepto de desarrollo y de tratar de resarcir el daño ocasionado por el paradigma o enfoque anterior.

El *desarrollo sostenible*, uno de los enfoques del desarrollo de mayor difusión y legitimidad en la actualidad, tiene sus orígenes en el informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987), mejor conocido como *informe Brundtland*, donde se define como “un desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades” (Valcárcel, 2006:16). El concepto cobra aún más fuerza en la Cumbre de Río en 1992.

De acuerdo con Valcárcel (2006), las ideas principales de este informe se refieren principalmente al ser humano y a la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de todos, ya que un mundo donde siempre hay pobreza y desigualdad está propenso a todo tipo de crisis, incluidas las ecológicas. El *desarrollo sostenible* requiere que los niveles de consumo y de crecimiento demográfico –que aún en la actualidad mantienen la herencia de la extinta ideología modernizadora– permanezcan dentro del límite de capacidad del medio ambiente. Para satisfacer las necesidades humanas, es necesario aumentar el potencial productivo y asegurar igualdad de oportunidades. Por otro lado, hace un énfasis especial en el uso racional de los recursos naturales para que las futuras generaciones puedan disponer de ellos en una manera igualmente racional.

A diferencia de otros, el concepto de *desarrollo sostenible* comprende las dimensiones económica y social, además de integrar nociones de equidad como un medio para conseguir sus objetivos (Cagmani, 1999. Citado en Higuera, 2006).

Con la introducción del concepto de “huella ecológica” en 1996, Rees y Wackernagel presentaban un instrumento con el que se podría cuantificar las relaciones entre territorio y consumo, o sea, la cantidad de territorio que consume determinada cantidad de población para vivir según su propio concepto y grado de desarrollo (Higuera, 2006). Los resultados de los

cálculos realizados con este instrumento presentaban cifras alarmantes: aparentemente la humanidad sobrepasó la capacidad del territorio de todo el planeta hace ya aproximadamente 30 años.

5.2 Desarrollo sustentable

Según Coria (2007:57), el concepto de *desarrollo sustentable* surgió en 1983 con la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU. Dicho concepto nace como una estrategia política frente al consumismo y deterioro ambiental por parte de los países desarrollados, que hace que los países del Sur sean utilizados como fuente de recursos y, por lo tanto, sufran un continuo proceso de empobrecimiento y depredación.

La autora antes citada propone que el concepto de *desarrollo sostenible* presentado en el informe *Brundtland* (1987) es ambiguo, por lo que permitió conciliar las diferencias entre organismos multilaterales, gobiernos nacionales y organizaciones no gubernamentales; buscando un consenso capaz de resolver los diferentes intereses de los grupos sociales. Por otro lado, afirma que este informe refuerza el paradigma tradicional del desarrollo.

El documento “Cuidar la Tierra” (1991), de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), define al desarrollo sustentable como “la mejora en la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan”. Se establece, entonces, que la *economía sostenible* –la que logra mantener la base de recursos naturales y puede continuar desarrollándose por medio de la adaptación y mejora de conocimientos, organización y eficiencia técnica, y mayor sabiduría– es producto del *desarrollo sustentable* (Coria, 2007:58).

Bajo la misma línea económica, la obra *Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente* de Stephan Schmidheiny, propone que los mercados sean abiertos y competitivos, donde los precios deben incluir los costos del medio ambiente como los de cualquier otro recurso. A esta propuesta le siguió la Cumbre de Río (1992), donde se institucionalizó el concepto de *desarrollo sostenible* y los principios de *el que contamina paga*, *el de precaución* y *la internacionalización de las externalidades*. Esto se hizo a través de documentos como la Agenda 21 y la Carta de la Tierra, donde se sigue manteniendo una idea de desarrollo basada en el crecimiento económico continuo (Coria, 2007:58).

De acuerdo con Coria (2007:58), el Manifiesto por la vida “Por una ética para la sustentabilidad” (2002), que plantea la diferencia entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable establece que el concepto de *sustentabilidad* se basa en el reconocimiento de los límites y las potencialidades de la naturaleza y la complejidad del medio ambiente. Esta nueva percepción inspiraría una nueva comprensión del mundo que permitiría enfrentar los desafíos que presentaría la humanidad en el futuro. De esta manera, se promueve una nueva alianza entre naturaleza y cultura, dando lugar a una nueva economía que reorienta las potencialidades de la ciencia y la tecnología para construir una nueva cultura política fundamentada en una ética de la sustentabilidad.

Según Coria (2007:59), la diferencia entre sostenibilidad y sustentabilidad –aunque ambos términos provienen de la traducción al español del concepto inglés *sustainable*– es que la sustentabilidad incorpora el componente ético; mientras que el desarrollo sostenible parte de la idea de armonizar el proceso económico con la conservación de la naturaleza, permitiendo satisfacer las necesidades actuales y las de las generaciones futuras. Es así como la *ética de la sustentabilidad* es la base del desarrollo sustentable, permitiendo que este tipo de desarrollo sea “igualitario, descentralizado y autogestionario” –lo que implica una capacidad de satisfacer las necesidades básicas de las personas, respetando la diversidad cultural y mejorando la calidad de vida–. Con esto, se busca transformar los procesos productivos, los valores sociales y las relaciones de poder, abriendo mayores espacios para la participación de la ciudadanía.

Sin embargo, en El Salvador la perspectiva vigente y con apoyo legal es la del *desarrollo sostenible*, que se encuentra contenida –además de en varios instrumentos legales del país– en el artículo 117 de la Constitución de la República (1983), que dice que “es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible”.

Por su parte, la Ley de Medio Ambiente, basándose en la definición del *informe Brundtland*, en el artículo 1 dice:

...desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refiere(n) a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la

protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

6. Las urbanizaciones

6.1 Características de los sistemas urbanos

Las ciudades son sistemas complejos, cuyo metabolismo puede considerarse como lineal, debido a que, a diferencia de un ecosistema, no reutiliza ni aprovecha las materias y energías a las que ya le dio uso una vez, por lo tanto no se trata de un ciclo cerrado. Además, no cuenta con una fuente inagotable de energía, sino que más bien su funcionamiento está condicionado por energías secundarias, tales como la electricidad, el petróleo y el gas.

De acuerdo con Higuera (2006), las características ecológicas de las ciudades, tomando en cuenta su huella ecológica, son:

- Utilización y consumo a gran escala de energías secundarias.
- Canalización y alto consumo del recurso agua.
- Alteración de los relieves naturales.
- Cambios en el equilibrio térmico (efecto de isla térmica).
- Acumulación de residuos.
- Contaminación aérea, acuática y terrestre.
- Flujos de importación y exportación de materiales y productos manufacturados.

Los sistemas urbanos, con base en sus diversas actividades y patrones de consumo, generan ciclos, que son completamente distintos a los que se dan en el medio natural.

Tabla 1.

Los ciclos de los sistemas urbanos

Ciclo	Problema	Fuente	Neutralizador	Manifestaciones
Ciclo atmosférico	Emisión de gases.	Transporte, industria, generación de energía eléctrica, calefacción doméstica, incineración de	Árboles	Contaminación ambiental, lluvia ácida, cambio del microclima de la ciudad (isla térmica), enfermedades respiratorias.

		residuos, entre otros.		
Ciclo hidrológico	Extracción de aguas, vertido de aguas contaminadas, impermeabilización del suelo.	Sistema de alcantarillado, asfaltado de calles, construcción de edificios.	No existe	Alteración de la vegetación y de la cobertura del suelo, reducción de la evapotranspiración del suelo y las plantas, alteración de los acuíferos naturales, inundaciones.
Ciclo de la materia orgánica y los residuos	Desequilibrio y sobreexplotación del suelo.	Contaminación por materia orgánica y residuos.	No existe	Características naturales del suelo de amortiguación y filtrado de metales y contaminantes son insuficientes, contaminación del suelo y las aguas subterráneas.
Ciclo de la energía	Alto consumo de energías secundarias.	Electricidad, petróleo, gas.	No existe	Agotamiento de las energías no renovables, coste energético y contaminación.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

6.2 Consecuencias de los sistemas urbanos

Las urbanizaciones son un fenómeno complejo que comprende diversas esferas de la vida humana, además de la ecológica, tales como la social, la económica, la política, la administrativa, la jurídica, entre otras. De acuerdo con Higuera (2006), los procesos de industrialización y tecnificación, que vienen acelerando el proceso de urbanización desde el siglo XIX, traen graves consecuencias sobre el territorio, debido a que sobreexplotan sus capacidades.

Tabla 2

Consecuencias de la urbanización sobre el territorio

Elemento	Consecuencia
Aire	<ul style="list-style-type: none">• La atmósfera en las ciudades está llena de gases y contaminantes que condicionan la temperatura, el movimiento del aire, la humedad ambiental, provocando el efecto de invernadero.
Agua	<ul style="list-style-type: none">• Sobreexplotación de los mantos acuíferos.• Desperdicio del agua de lluvia, debido a la impermeabilización de superficies que alteran la capacidad de absorción de los suelos.• Eliminación de la cubierta vegetal natural.• Producción de gran cantidad de aguas residuales, que muchas veces son vertidas en los ríos sin antes ser depuradas.
Suelo y subsuelo	<ul style="list-style-type: none">• Desequilibrio en los nutrientes de los suelos.• Contaminación de suelos, especialmente en zonas industriales.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

La misma autora plantea que el objetivo de las estrategias de planificación urbana es reducir la huella ecológica de los asentamientos, para lo cual es necesario cerrar el ciclo de materia y energía, de manera que los residuos se conviertan nuevamente en recursos. Mientras más grande sea una ciudad, mayor complejidad del problema y mayores efectos sobre el medio ambiente y el microclima urbano (isla térmica).

6.3 Densidad poblacional

La densidad poblacional de un asentamiento afecta directamente su ordenación ambiental y sostenible. Tanto las densidades demasiado bajas como las demasiado altas afectan el

equilibrio del territorio, ya que las primeras utilizan áreas de terreno muy grandes donde el excedente de recursos e infraestructura no es aprovechado adecuadamente, y las segundas explotan excesivamente las capacidades del territorio.

Una estrategia para contribuir a este equilibrio y sostenibilidad es la de relacionar la densidad con la tipología edificatoria, ya que esto permite la articulación de tejidos urbanos y una diversidad que pueda adaptarse a las necesidades y posibilidades de los habitantes (Higuera, 2006).

7. Conceptualización. Arquitectura bioclimática

7.1 Definición

De acuerdo con la posición de Muñoz (2003), especialista en arquitectura sustentable,¹ “la construcción bioclimática se preocupa específicamente de la eficiencia energética dentro de la casa, no tanto de los materiales que utiliza y mucho menos de un enfoque ético que involucre las desigualdades sociales”. Cabe mencionar que esta definición se apega específicamente a las manifestaciones de arquitectura bioclimática actuales, donde aparentemente el enfoque bioclimático es utilizado para satisfacer las necesidades de ciertos grupos sociales, haciendo uso de tecnologías que muchas veces terminan por representar un daño al medio ambiente y, por lo tanto, dejando de lado el concepto integral de desarrollo.

8.2 Antecedentes históricos

Las primeras teorías y ensayos sobre arquitectura bioclimática se materializaron en proyectos arquitectónicos de viviendas unifamiliares, principalmente en países avanzados económicamente de climas fríos. Progresivamente se han ido comprobando los métodos de arquitectura solar pasiva y acondicionamiento interno, trascendiendo el carácter experimental y se ha logrado comprobar que contribuyen a reducir la contaminación, el consumo de agua y energía, y ayudan a mejorar el microclima local, permitiendo una mejor calidad de vida (Higuera, 2006).

En las distintas manifestaciones de arquitectura tradicional, puede observarse que, debido a la falta de tecnologías y/o escasez de materiales energéticos, se aprovechaban al máximo las

¹ Ver explicación previa acerca de la diferencia entre el *desarrollo sostenible* y el *desarrollo sustentable*.

energías naturales, especialmente la luz del sol. Esta arquitectura, resultado del conocimiento empírico, proporcionó diversas respuestas bioclimáticas, entre las cuales se puede mencionar: tamaño de abertura y diseño de huecos adecuado para cada una de las fachadas según su orientación –huecos más grandes en la fachada sur, nulos o muy pequeños en la fachada norte– para evitar las pérdidas de calor generado en el interior del edificio; tramas urbanas con orientación sur-este; edificaciones de poca altura y con poca obstrucción solar; muros gruesos de cerramiento que permitían aprovechar los desfases de onda térmica entre el interior y el exterior (Higueras, 2006).

Las ciudades orgánicas

Históricamente, las ciudades orgánicas se han organizado de acuerdo con la situación topográfica y climática del sitio donde se emplazan; a diferencia de las ciudades actuales, donde el clima está condicionado por las actividades del ser humano. Las fachadas en la ciudad orgánica suelen tener un grado elevado de obstrucción solar y su orientación está condicionada por las calles, generalmente estrechas, que también se adaptan a la topografía. En cuanto a su forma, es muy variable, adaptándose al paisaje y topografía, pero las circulares presentan mayor eficacia para efectos de protección y control, tanto de los elementos climáticos como aspectos defensivos (Higueras, 2006).

Esta traza urbana tiene ciertos componentes bioclimáticos, en tanto que se adapta al relieve del terreno, aprovecha el curso de los ríos y los vientos en la parte alta de las colinas, así como utiliza la red viaria como defensa del asoleamiento. Este tipo de traza generalmente es resultado de la arquitectura popular; es decir, producto del conocimiento empírico, con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos disponibles. Estas ciudades tienen una conformación flexible, pues se adaptan a los cambios; es por ello que se han sostenido sobre su entorno a lo largo del tiempo (Higueras, 2006).

Las ciudades geométricas

Son las que se caracterizan por un trazado de calles reticular, por lo que su orden está alejado de las estructuras naturales. Generalmente se dan en terrenos llanos, pero cuando existen los accidentes geográficos la retícula los ignora, imponiendo un nuevo orden sobre el territorio. Los edificios se disponen en lotes parcelados, que se encuentran a lo largo de las calles cuya orientación se basa en los cuatro puntos cardinales, por lo que se consigue que los edificios

tengan fachadas en cada orientación, dando lugar a que cada fachada posea condiciones diferentes de asoleamiento y ventilación. Esto dificulta proporcionar una solución adecuada a los factores climáticos en muchos casos. Esta disposición resulta más conveniente para latitudes frías que para latitudes cálidas, pues las fachadas sur y oeste reciben mayor calentamiento, por lo que es necesaria la utilización de elementos para controlar el calor (Higueras, 2006).

El diseño de las ciudades en retícula puede observarse en algunas ciudades egipcias, ciudades-estado griegas y algunas ciudades romanas, donde todo estaba cuidadosamente pensado y diseñado tomando en cuenta proporciones y nociones de estética y de relación entre el medio construido y el natural. Sin embargo, esta noción se fue perdiendo con el paso del tiempo, y, al momento de la reurbanización latinoamericana, los españoles recurrieron a la retícula – probablemente más por su sencillez, facilidad de reparto y crecimiento–, aplicándola indiscriminadamente en casi cualquier condición topográfica, tanto en climas cálidos como fríos (Higueras, 2006).

Esta traza urbana es funcional sobre terrenos con pocos cambios de relieve, pues puede ayudar a canalizar las brisas favorables o permitir una adecuada incidencia del sol sobre las fachadas, lo que les permite hasta cierto punto ser sostenibles. Estas ciudades surgen como producto de la autoridad del gobierno, con la plena intención de dominar el entorno (Higueras, 2006).

La ciudad jardín

Surgen con la intención de integrar a la ciudad con su entorno, buscando un equilibrio entre las zonas residenciales, industriales y equipamiento urbano. Este concepto se materializa a principios del siglo XX, como respuesta a la industrialización en el Reino Unido, cuyo resultado fue terrenos urbanos residenciales autónomos, con una densidad poblacional baja y controlada, calles amplias que seguían las curvas de nivel y una orientación que permitía que las fachadas estuvieran sujetas a condiciones de asoleamiento favorables.

Una propuesta posterior es el barrio jardín, que recoge los postulados básicos de la ciudad jardín. En este caso, las zonas verdes son el elemento determinante de la organización del espacio, la densidad poblacional es baja y el sistema vial es curvilíneo y con calles bien jerarquizadas (Higueras, 2006).

La ciudad moderna

Con base en el desarrollo económico, surgen las pautas de diseño arquitectónico y urbano que se da en los siglos XIX y XX. Resultado de esto es que los criterios de diseño actuales no toman en cuenta al medio natural, pues su enfoque, esta vez, es el crecimiento económico.

Fueron los arquitectos del movimiento moderno los que mostraron interés en la utilización de criterios heliotérmicos para el diseño de sus viviendas y urbanizaciones, con base en el mejoramiento de las condiciones higiénicas y sanitarias (Higueras, 2006). Esto conllevó a la realización de estudios más detallados acerca del asoleamiento y la ventilación en las edificaciones.

Tabla 3.

Estudios bioclimáticos de la arquitectura moderna

Investigador	Resultados o producto del estudio	Características	Comentarios y/o críticas
Walter Gropius (Siedlung Dammerstock)	Distinción entre la traza vial y la trama de los edificios, que se disponen perpendicularmente a las calles. Bloques de casas alineados sobre un área verde, la distancia se calcula con base en la altura, y su orientación según los ejes heliotérmicos.	La sombra proyectada por un edificio –con relación a su altura– representa “espacio perdido”, si se quiere que las plantas inferiores reciban luz del sol.	Estos postulados fueron tergiversados a la hora de ser pasados a los textos normativos, donde la transcripción errónea llevó a que el resultado no cumpliera con las necesidades mínimas de asoleamiento consideradas como óptimas.
Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM)	Eje norte-sur para el trazado de las calles, de manera que las viviendas, perpendiculares a ellas, recibieran el sol de la mañana y de la tarde en sus fachadas.		Se pierde el potencial de la fachada sur. El sol de la mañana es más aconsejable que el de la tarde. Ninguna de estas viviendas estaba “perfectamente orientada”.
Le Corbusier (Cinco puntos)	<i>Pilotis</i>	Exponen a la edificación a una mayor pérdida	Se pierde la capacidad de regulación térmica del

básicos)

	energética. Están expuestos a frecuentes corrientes de aire.	terreno, por lo que solo es oportuna en lugares cálidos y lluviosos. Rompen toda relación con el transeúnte.
Terraza-jardín	Utilizada adecuadamente, puede ayudar a crear un microclima, un espacio térmico regulador o el aprovechamiento de la inercia térmica de los estanques de agua. Recuperan la “huella urbana” de los edificios, reduciendo la falta de humedad del efecto de isla térmica, absorben la contaminación atmosférica.	Debido a que la azotea recibe la mayor cantidad de radiación solar directa, los tejados planos no necesariamente son la mejor solución para climas lluviosos o calurosos. La supresión de las cornisas superiores impide las sombras que los aleros podrían proyectar sobre los huecos superiores de la fachada.
Planta libre	Disociación entre muros de carga perimetrales y estructura principal portante.	Los muros perimetrales ya no son de carga, por lo que se reduce su espesor y, por lo tanto, su inercia térmica.
Ventana horizontal	Comparadas con las verticales, dejan entrar menos luz, por lo que son ideales para la iluminación indirecta de los espacios.	No son una medida de acondicionamiento pasivo en climas fríos, pues, si son altas, permiten la entrada del sol en verano, mas no en invierno.
Fachada libre		Es más oportuno diseñar fachadas diferentes, tomando en cuenta el recorrido del sol en cada época del año y latitud.
Inmueble-villa	Terrazas de doble altura, de dimensiones generosas, articuladas sobre la fachada sur.	La naturaleza forma parte del programa de la vivienda.

Antoni Gaudí (Casa Batlló)	Forma y dimensión de los huecos en fachadas en relación con las obstrucciones solares.	Las dimensiones de las ventanas hacia el patio interior decrecen hacia las plantas más altas.	Estas variaciones son significativas para edificios de más de cinco plantas.
Ludwig Hilberseimer (en su Ciudad horizontal)	Casa patio en forma de "L"	Jardín envuelto por la vivienda, adecuado para el control climático y actividades de ocio.	La tipología de la vivienda permite una fácil agrupación y resulta ideal para climas cálidos.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Sin embargo, la divulgación de estos estudios trajo consigo una paradoja: su resultado ha sido negativo –incluso desastroso– en muchas ciudades alrededor del mundo, debido a que se copió la forma de las urbanizaciones pero no se aplicaron realmente los estudios que dieron base a respuestas específicas (Higuera, 2006).

Por otro lado, ante la necesidad de satisfacer la demanda de crecimiento en un contexto dominado por el desarrollo económico, ha llevado a que muchos de estos estudios sean olvidados o dejados de lado, dando como resultado un alejamiento de los aspectos climáticos y ambientales.

8. Elementos por analizar en el diseño bioclimático

De acuerdo con Olgay (2002), el proceso constructivo de una vivienda climáticamente equilibrada se divide en cuatro etapas:

1. *Análisis de los elementos climáticos del lugar*, según las características anuales; entre ellos, temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos del viento. También es necesario analizar los microclimas, tomando en cuenta que cada uno de los elementos produce un impacto distinto y, por lo tanto, presenta una problemática distinta a solucionar.
2. *Evaluación biológica*, donde se analizan las incidencias del clima sobre el ser humano. Para ello, pueden trasladarse los datos del ambiente a una gráfica bioclimática² para así obtener un diagnóstico de la región. Posteriormente,

² La *gráfica bioclimática* propuesta por Olgay es una tabla en la que se define en forma gráfica la zona de *comfort*, tomando en cuenta variables que le afectan, y los mecanismos de corrección –tales como valores medios de temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento– que estarían dentro y fuera de esa zona. Esta tabla

puede hacerse uso de un calendario anual, a partir del cual puede obtenerse información acerca de las medidas más convenientes para mantener un grado de *confort* a lo largo del año.

3. *Análisis de las soluciones tecnológicas aplicables* con base en la evaluación biológica. Este análisis debe realizarse por medio de métodos de cálculo, estudiando diversas variables como el *sitio elegido*, la *orientación*, *cálculos de sombra* con base en el recorrido del sol y cálculos geométricos y de radiación; la *forma de las viviendas*, los *movimientos de aire* y el *equilibrio de la temperatura interior*, haciendo uso de las características de los materiales por utilizar para la construcción.
4. *Aplicación arquitectónica*, que es la conclusión de los tres análisis anteriores, donde se desarrollan y se equilibran los diferentes elementos con base en su importancia, tanto para el diseño de ordenación urbana como para el diseño de la unidad habitacional.

Acerca de la gráfica bioclimática mencionada anteriormente, Olgyay (2002) mantiene que es posible equilibrar la sensación térmica de un edificio si se observa lo siguiente:

- Es posible producir frío de evaporación mecánicamente y, hasta cierto punto, utilizando árboles, vegetación, estanques o fuentes.
- Es posible equilibrar las temperaturas extremas del aire utilizando el efecto de la radiación sobre las superficies interiores.

Clima

El clima depende básicamente de cuatro parámetros: temperatura del aire, radiación, humedad y movimiento del aire. De acuerdo con ellos, los climas en el planeta pueden clasificarse en cálidos, fríos, secos o húmedos; con sus respectivas variaciones, según la época del año, la altura del sol y el régimen de los vientos (Serra, 1999).

A manera de simplificación de las variantes climáticas, se distinguen cuatro regiones o zonas climáticas en el planeta, que Serra (1999) describe según sus características:

1. **Región fría**, se da en las regiones altas cercanas a las zonas polares, donde las temperaturas son bajas durante todo el año, especialmente en invierno. La radiación solar

funciona con los valores mensuales medios de los parámetros, que se marcan con puntos que luego se unen por medio de líneas (Simancas, 2003:15).

es escasa y las precipitaciones tienden a ser en forma sólida. Puede tratarse de climas fríos secos y húmedos, dependiendo de la localización de la región, pero en este caso la humedad pasa a un segundo plano y la prioridad es el aprovechamiento del impacto solar.

2. **Región templada**, en zonas mediterráneas, donde se presentan cambios marcados de las condiciones climáticas a lo largo del año, por ejemplo, mucho frío en invierno, mucho calor en verano y estaciones intermedias con períodos muy fríos o muy calientes.
3. **Región cálida árida** (o cálida seca), se da en las zonas continentales cercanas al ecuador, donde las temperaturas diurnas son muy altas, pero bajan notablemente en horas nocturnas. Se presenta escasez de precipitaciones y de nubosidad, por lo que el impacto de la radiación solar es directo. Generalmente se trata de zonas áridas con tendencia a una escasez de vegetación.
4. **Región cálida húmeda**, presente en las zonas subtropicales marítimas, con temperaturas altas; sin embargo, más moderadas y constantes que en la región cálida-árida. Las nubes y las lluvias se presentan con frecuencia, especialmente durante épocas determinadas del año, por lo que la radiación solar, aunque intensa, es mucho más difusa que en la región climática anterior y se presentan altos grados de humedad.

Microclima

Cualquier diferencia de altitud, características del subsuelo, fuentes de agua superficial, entre otras, produce variaciones en el clima local, debido a que cada uno de estos elementos puede producir diferencias en los efectos de la acción del sol y del viento (Serra, 1999). Estas variaciones son conocidas como microclimas, están contenidas dentro del macroclima de una región (Olgyay, 2002) y pueden presentar condiciones muy diferentes entre sí (Serra, 1999). Los microclimas son un elemento importante que considerar para el diseño arquitectónico, debido a que a partir de ellos puede elegirse el sitio adecuado para la construcción.

Los microclimas también pueden controlarse y corregirse –como puede observarse en la arquitectura tradicional– por medio de elementos como vegetación, edificios, disposición de la red vial, plazas y más (Serra, 1999).

La zona de confort

Se refiere al punto en que el ser humano deja de utilizar su energía para adaptarse al efecto de los distintos elementos del entorno –la luz, el sonido, el clima, el espacio, entre otros–, y puede comenzar a ser productivo (Olgay, 2002).

De acuerdo con Ellsworth Huntinton (1876-1947), quien mantuvo que el tipo de clima, la herencia racial y el desarrollo cultural determinaban los factores de la civilización, estableció que –además de fuentes de humedad relativa capaces de producir cambios en la temperatura, como tormentas y vientos frecuentes– la temperatura media óptima para que el ser humano se desarrolle es de 4,4 °C en los meses más fríos y 21,1 °C en los más cálidos (Olgay, 2002). Sin embargo, se han realizado diversos estudios para definir la temperatura de *confort*, que se resumen en la tabla 4.

Tabla 4.

Distintos resultados de los estudios de la zona de confort y sus condicionantes climáticas

Autor	Ubicación	Temperatura		Condiciones climáticas
		Mínima	Máxima	
Bedford	-	13 °C	23 °C	-
-	Alemania	20,8 °C		50% de humedad relativa
S.F. Markham	-	15,6 °C	24,4 °C	40% - 70% de humedad relativa al mediodía
C.E.P. Brooks	Gran Bretaña	14 °C	21,1 °C	-
-	Estados Unidos	20,56 °C	26,7 °C	-
-	Trópicos	23,3 °C	26,7 °C	30% - 70% de humedad relativa

(Nota. Elaboración propia con base en Olgay, 2002:17-18.)

Con base en los datos presentados en la tabla 4, es posible determinar que la temperatura de la zona de *confort* varía de acuerdo con diversas condiciones, entre las que podrían mencionarse aspectos psicológicos, culturales, sociales, las preferencias individuales, la vestimenta, la naturaleza de las actividades que se realizan, el género –según Olgay (2002), generalmente las mujeres prefieren una temperatura efectiva un grado mayor que los hombres–,

y la edad. Es por ello que la zona de *comfort* no tiene límites reales, y la manera más adecuada de definirla es como la zona en la que no se produce incomodidad.

De acuerdo con Olgyay (2002), la mayoría de personas experimenta una sensación de opresión si la presión de vapor³ supera los 15 mm –es decir, que mientras mayor humedad esté presente en el ambiente, menor comodidad térmica (Serra, 1999)–. La evaporación y el efecto de la radiación también afectan la zona de *comfort* y presentan una oportunidad para mejorarla en caso de que las condiciones de temperatura presenten ambientes cálidos o demasiado frescos, respectivamente.

Geomorfología

Se trata del estudio de las formas de relieve terrestre, su origen y evolución. Condiciona a todos los demás elementos de estudio para el diseño bioclimático –agua superficial, suelo y subsuelo, vegetación, radiación solar y viento–, que se describen a continuación. En cuanto su influencia en el diseño urbanístico, la geomorfología determina la disposición de la red viaria y los espacios libres, así como los usos de suelos (Higueras, 2006).

La temperatura de las montañas tiende a disminuir a medida que se asciende, efecto que puede ser aprovechado especialmente en las zonas tropicales. Elegir sitios con algún grado de inclinación sobre los que tienen una superficie horizontal permitirá ventajas que van desde mayor facilidad del desalojo de aguas hasta recibir menor cantidad de radiación solar durante el día (Olgyay, 2002).

Tabla 5.

Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto a la geomorfología

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Pendientes	Planos clinométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Determina los factores de erosión. • Condiciona el cauce de las aguas superficiales.
Exposición de las laderas	Umbrías y solanas	<ul style="list-style-type: none"> • Determina la distribución de los asentamientos.
Altitud	Cotas desde el nivel del mar (mapas topográficos)	<ul style="list-style-type: none"> • Modifica el clima (radiación solar, régimen de vientos y pluviosidad). • Determina el tipo de vegetación.

³ La presión de vapor se mide por la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Agua superficial

El ciclo hidrológico debe de ser considerado en la localidad específica y ser un elemento determinante en el diseño, ya que con ello se contribuye a mejorar las condiciones de la humedad atmosférica local (Higuera, 2006).

Tabla 6.

Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto al agua superficial

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Calidad del agua	Capacidad de autodepuración	<ul style="list-style-type: none">• Determinación de usos.
Gestión	Características pluviométricas y del suelo	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad del agua.
	Balance hídrico	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad real del agua, considerando su evaporación y filtración.
	Estimación de consumo	<ul style="list-style-type: none">• Determinación de la calidad necesaria para cada uno de los usos.• Reconocimiento de fuentes sostenibles de obtención.
	Estimación del aprovechamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none">• Mejorar el aprovechamiento integral del agua.
	Preservación de la red de fuentes naturales de agua	<ul style="list-style-type: none">• Integración de los elementos naturales y los construidos.
	Almacenamiento de lluvia	<ul style="list-style-type: none">• Máximo aprovechamiento del recurso.• Mejoramiento del microclima local al ser canalizada a fuentes de agua naturales y artificiales.
Preservación de cauces	<ul style="list-style-type: none">• Favorecimiento del crecimiento espontáneo de vegetación.• Reducción de costos de mantenimiento.	

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Zona de servidumbre

Se refiere al establecimiento de una zona específica que permita la preservación de los cauces de agua superficial, ayudando a reducir el riesgo de inundaciones. Para ello, es posible incluir dichos cauces de agua superficial dentro de una urbanización como áreas verdes o zonas recreativas, de manera que se integren al nuevo uso del terreno sin ser afectados dramáticamente (Higuera, 2006).

Tabla 7.

Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto al agua superficial y determinación de zonas de servidumbre

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Riesgo de inundaciones	Estudio de la escorrentía superficial a corto y medio plazo	<ul style="list-style-type: none">• Capacidad de absorción del suelo.
	Precipitaciones promedio	<ul style="list-style-type: none">• Comportamiento histórico de las precipitaciones pluviales.
	Análisis topográfico	<ul style="list-style-type: none">• Altura de la inundación.
	Hidrograma temporal de la crecida y la velocidad del agua	<ul style="list-style-type: none">• Duración de la inundación y sus puntas.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Suelo y subsuelo

Las cualidades y la vocación del suelo están definidas por una serie de características que están íntimamente relacionadas con la planificación de los suelos y la construcción en ellos (Higuera, 2006).

Tabla 8.***Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto al suelo y subsuelo***

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Permeabilidad	Análisis de la textura y la estructura de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para retener o filtrar agua. • Escorrentías. • Crecimiento vegetal. • Vulnerabilidad de los acuíferos.
Escorrentía superficial	Permeabilidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de agua que no es absorbida por el suelo. • Dimensionamiento del alcantarillado.
Plasticidad	Índice de plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación de los edificios.
Capacidad portante	Compresibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación de los edificios. • Obras e instalaciones en el subsuelo.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Vegetación

Contribuye a la estabilización de las pendientes, ayuda a controlar la erosión, influye en la cantidad y calidad del agua, contribuye a mejorar el microclima, actúa como filtro o barrera contra la radiación solar y los vientos, así como de varios tipos de contaminación (ambiental, de ruido, etc.) y sirve de hábitat para especies animales. Es por ello que deben emplearse siempre variedades de vegetación autóctona, porque ya está adaptada al medio; utilizar plantas trepadoras en paredes y arbustos en techos logra una mayor presencia de vegetación (Higuera, 2006).

Tabla 9.***Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto a la vegetación***

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Contaminación	Plantación de masas de árboles	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción más eficiente del dióxido de

atmosférica		<ul style="list-style-type: none"> carbono, convirtiéndolo en oxígeno. Acumulación de polvo y partículas en suspensión en las hojas.
Humedad atmosférica	Especies frondosas	<ul style="list-style-type: none"> Liberación de humedad en el ambiente debido al proceso de fotosíntesis. Mejoramiento del microclima.
Velocidad del aire	Especies de hoja perenne	<ul style="list-style-type: none"> Las ramas actúan como barreras móviles, desviando los vientos.
Radiación solar	Especies de hoja caduca	<ul style="list-style-type: none"> Permiten la radiación invernal y dificultan la estival, ayudando a controlar las temperaturas ambientales.
Protección contra el ruido	Especies de hoja perenne	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de atenuar ruidos en función del trayecto de las ondas sonoras.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

Radiación solar

Los efectos de la radiación solar sobre el ser humano son térmicos, higiénicos y psicológicos (Olgyay, 2002). Es uno de los elementos básicos por estudiar en el diseño, debido a que representa los condicionantes básicos para el *comfort* en una habitación: iluminación natural y control térmico. Un diseño bien planeado tiene en consideración el aspecto de la radiación solar para determinar la orientación y ancho de las calles del conjunto, orientación y altura de las edificaciones y espacios libres y tipos de diseño de edificios. Por otro lado, representa una fuente de energía renovable que debe de ser aprovechada cuando sea posible, ya que contribuye a reducir el gasto energético y la contaminación urbana (Higuera, 2006).

Acerca de la selección de sitios para la construcción bioclimática, Olgyay (2002) recomienda que si se tienen dos territorios con el mismo índice de radiación, tomando en cuenta que las mañanas son más frescas que las tardes, debe dársele prioridad al que se encuentre hacia el este.

Tabla 10.

Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto a la radiación solar

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Coordenadas solares	Carta solar cilíndrica	<ul style="list-style-type: none">• Acimut solar• Altura solar
Radiación solar directa	Observación directa. Estudios de sombras	<ul style="list-style-type: none">• Obstrucción según la orientación del sol
Radiación solar difusa	Días nublados	<ul style="list-style-type: none">• Estudio de la iluminación natural de las edificaciones

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

En cuanto al aspecto lumínico de la radiación solar, es esta la que ofrece uno de los más elevados rendimientos (Serra, 1999:29). Esto quiere decir que utilizando la iluminación natural logra reducirse la cantidad de calor que comparativamente produce la iluminación artificial, y se mejoran las condiciones de visibilidad al interior de una edificación, ya que, como afirma el autor citado, la luz solar reproduce de la mejor manera posible los colores.

Viento

Otro de los elementos importantes que considerar para el *confort* térmico. Es fácilmente afectado por factores naturales (geográficos, topográficos, tipo de vegetación y de suelo) y artificiales (urbanísticos), por lo que su adecuada canalización contribuye a optimizar el diseño urbano y usos de suelo (Higuera, 2006). Es decir, el viento influye en el microclima; pero también contribuye a incrementar las pérdidas de calor hacia el exterior de las superficies de las edificaciones sobre las que incide, y genera movimientos y renovación del aire al interior de estas (Serra, 1999).

La canalización correcta de los movimientos de aire permite refrescar en las épocas calurosas y ayuda a controlar la humedad excesiva. Durante la época fría, deben de ser bloqueados o evitados. Los movimientos de aire no disminuyen la temperatura corporal, pero sí

provocan una sensación de frescor. Si el movimiento del aire aumenta, se eleva el límite superior de *comfort* (Olgyay, 2002).

Respecto a la sensación térmica de las personas ante los movimientos de aire, Serra (1999) mantiene que cada 0,3 m/s de velocidad de aire equivalen al descenso de 1 °C.

Tabla 11.

Impacto de los movimientos de aire en el ser humano según su velocidad

Velocidad	Impacto probable
Hasta 15 m/min	Inadvertido
Entre 15 y 30,5 m/min	Agradable
Entre 30,5 y 61 m/min	Generalmente agradable, pero se percibe su presencia constantemente
Entre 61 y 91 m/min	De poco molesto a muy molesto
Por encima de los 91 m/min	Requiere de medidas correctivas, si se quiere mantener un alto nivel de salud y eficiencia

(Nota. Tomado de Olgyay, 2002:20.)

Se distinguen dos tipos de viento: los generales y los locales. Los movimientos de aire en general se dan debido a los efectos de la radiación solar y su dirección se ve afectada por la rotación de la Tierra y, por ende, la época del año. Los vientos locales –determinados por las condiciones geográficas y topográficas–, a su vez, se identifican por vientos de montaña y de valle, así como brisas marinas, que también se deben a las diferencias de temperatura entre porciones de tierra dadas por la radiación solar (Higuera, 2006).

Tabla 12.

Elementos por estudiar para el diseño bioclimático en cuanto al régimen de vientos

Elementos por observar	Herramientas	Propiedades
Velocidad y orientación de los vientos locales	Rosa de los vientos	<ul style="list-style-type: none"> • Acción del viento sobre el territorio • Variabilidad del viento

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

9. Conceptualización. Arquitectura sostenible⁴

El diseño bioclimático, en su manifestación más pura, sigue algunas de las líneas propuestas por la corriente de *desarrollo sostenible*, de la cual puede decirse que se desprende la especialidad de *arquitectura sostenible*. Esto debido a que el diseño bioclimático aprovecha los recursos naturales disponibles, haciendo énfasis en los efectos del clima –psicológicos, sociales, culturales, etc.– sobre el ser humano, de manera que le permita desarrollarse cómodamente en los ambientes construidos que habita. Como es sabido, el bienestar del ser humano es una de las finalidades del *desarrollo sostenible*.

9.1 Definición

Muñoz (2003) explica que la *arquitectura sustentable* se preocupa por los modos de producción de los materiales que utiliza; desde dónde provienen, su reciclado, si implica un costo ecológico su transporte, entre otros. También expresa que en esta línea de la arquitectura, deben considerarse los modos de producción limpios de los materiales y tecnologías utilizados y que es básico que incentiven la solidaridad y la organización. De este modo, se toman en cuenta aspectos morales y éticos, de recuperación de patrimonio vernáculo y un estudio de los sistemas auto organizados y descentralizados –como las bandadas de aves, cardúmenes, comportamientos del mercado, etc.–, creando así una nueva organización de los ecosistemas culturales, donde se logra una mayor inclusión y participación social, mejor distribución de la riqueza y se dejan de lado prácticas negativas y excluyentes como la corrupción, la burocracia y la inmovilidad social, entre otras.

En sí, la arquitectura sostenible podría definirse como toda aquella que aprovecha al máximo los recursos disponibles, intentando conscientemente de reducir los efectos negativos que sus productos puedan ocasionar al medio ambiente.

Acercas de este último punto, es necesario hacer notar que toda alteración al medio ambiente, incluidas las construcciones, tienen efectos negativos sobre él. Sin embargo, es

⁴ Como se explicó anteriormente, existe una diferencia con implicaciones éticas y políticas entre el *desarrollo sostenible* y el *sustentable*. Para efectos del presente estudio, se utilizará el término de acuerdo con cómo lo hayan utilizado los autores consultados; sin embargo, se hace la aclaración de que tanto *arquitectura sostenible* como *sustentable*, en este estudio, se refieren a aquella que va en línea con las consideraciones sociales, económicas, culturales y ambientales del paradigma de *desarrollo sostenible*, que es el que está contenido en la legislación salvadoreña.

necesario saber identificar qué tipo de daños se está haciendo al construir para poder, de alguna manera, resarcirlo en el mismo lugar afectado y su entorno –recordando que se está tratando con el *ecosistema*, razón por la cual es necesario comprender las relaciones entre todas y cada una de las partes que lo componen–, de manera que el impacto ocasionado, o huella ecológica, se mantenga dentro de un límite que permita al ecosistema su propia recuperación, para que también pueda ser aprovechado por las futuras generaciones. Por lo tanto, uno de los retos de la arquitectura sostenible es lograr un equilibrio entre las edificaciones y el territorio.

Una ciudad sostenible, por ejemplo, es aquella que tiene el suelo suficiente para obtener los suministros necesarios para su funcionamiento y para eliminar todo tipo de residuos que en ella se produzcan (Higueras, 2006).

9.2 Antecedentes históricos

Es posible encontrar distintas manifestaciones de arquitectura que pretenden sacarle el mayor provecho a los recursos naturales disponibles, especialmente previo a la época de las revoluciones industriales. La tabla 13 resume algunas de estas manifestaciones arquitectónicas.

Tabla 13.

Casos específicos de respuestas de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos naturales a lo largo de la historia

Lugar	Fecha	Elemento natural aprovechado	Respuesta arquitectónica	Descripción de la respuesta arquitectónica
Knosos, Creta	1.600 a.C.	Sol y viento	Ventanas hacia la calle y tragaluces	Casas pequeñas de dos plantas de altura, ubicadas en torno a patios interiores. Acceso por medio de escaleras exteriores.
Atenas, Grecia	I a.C.	Agua de lluvia	Cisternas	Viviendas de dos plantas, patio con peristilo; y bajo este patio la cisterna, que recogía agua del tejado.
Pompeya	Destruída en 79 d.C.	Agua de lluvia	<i>Atrium</i>	<i>Domus</i> familiar de una planta, con patio. Ubicada en torno al <i>atrium</i> .
Andalucía	-	Humedad, viento	Patios interiores. Calles muy estrechas	Patios interiores con vegetación frondosa, que creaba un microclima adecuado y favorecía

la ventilación cruzada. La estrechez de las calles ofrecía protección del sol en un clima cálido árido.

Casa con huerto	1920-1930	Tierra, vegetación comestible	Huertos privados para cada vivienda	Para uso de abastecimiento familiar y actividades de ocio y recreación. Ayudan a mantener activa a la población de cierta edad y sirven de apoyo pedagógico a los niños.
-----------------	-----------	-------------------------------	-------------------------------------	--

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006.)

10. Criterios de diseño bioclimático

Las respuestas arquitectónicas deben de estar adaptadas a las condiciones específicas de cada clima y territorio, por lo que cada una de ellas tiene sus propias características y es distinta a la de otros lugares. Cada una de estas respuestas arquitectónicas requiere de una planeación específica que está relacionada con el asoleamiento, vientos dominantes, topografía, necesidades de humedad y evaporación ambiental de la localidad.

10.1 El diseño de la casa

De acuerdo con Olgyay (2002), especialmente en las regiones áridas y cálidas, con base en el análisis de la cantidad de radiación, será necesario equilibrar el diseño de la vivienda en cuanto a su forma. Específicamente en la zona cálida húmeda, la vivienda debe ser orientada perpendicularmente al eje del período cálido.

Respecto a ello, el autor cita a Jeffrey Aronin (1953), cuya sugerencia de orientaciones adecuadas para las estancias de una vivienda, comparada con la de Plazola (1977), se muestra en la tabla 14.

Tabla 14.

Orientaciones recomendadas para las distintas habitaciones o estancias de una vivienda

Estancia	N		NE		E		SE		S		SO		O		NO	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Dormitorios	•		•	*	•	+	•	+	•	+	•	*				
Estar				*		+	•	+	•	+	•	*	•			
Comedor				*	•	+	•	+	•	+	•	*	•			

Cocina	+	+	• *	• *	•	•				+
Biblioteca	•	• *	+	+	+	• *				•
Lavadero	• +	• +	+	+	+	+	+	+	+	• +
Sala de juegos		*	+	• +	• +	• +	• *	•		
Secadero	-	-	-	• -	• -	• -	• -	• -	• -	-
Baños	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +
Espacio de usos múltiples	• -	• -	-	-	-	-	-	-	-	• -
Garaje	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +	• +
Taller	• -	• -	-	-	-	-	-	-	-	• -
Terrazas	-	-	• -	• -	• -	• -	• -	• -	• -	-
Porche	-	-	-	• -	• -	• -	• -	• -	• -	-

(Nota. 1. Jeffrey E. Aronin [1953], citado en Olgay [2002]. La sugerencia del autor [representada por el símbolo “•”] es para edificaciones habitacionales que se sitúan por encima de los 35° de latitud. 2. Alfredo Plazola Cisneros y Alfredo Plazola Anguiano [1977]. Los autores hacen la distinción entre orientación óptima, buena, regular y mala; cuando los vientos dominantes vienen del norte y noroeste [específicamente en México]. Para efectos de este estudio, se utilizarán únicamente la orientación óptima, representada por el símbolo “+”; y buena, representada por el símbolo “*”. El análisis de estos autores se realizó basado en los condicionantes mexicanos. En caso de que el autor no presente información para alguna de las funciones, se utiliza el símbolo “-”. Elaboración propia con base en Olgay, 2002 y Plazola, 1977.)

La orientación de cada una de las habitaciones que forman parte de una unidad habitacional requiere de un estudio de número de horas y momentos del día en que se utilizan.

10.2 Forma de la vivienda

La forma óptima de la vivienda es aquella que gana el mínimo calor durante el verano y pierde el mínimo calor en el invierno.

Para definir la forma óptima de una vivienda, Olgay (2002:87,88) hizo un estudio del impacto de los efectos caloríficos en una vivienda cuadrada de 305 m² ubicada en cada una de las cuatro regiones climáticas definidas para el planeta (fría, templada, cálida árida, cálida y húmeda). Posteriormente, comparó con otras viviendas de igual superficie pero distinta forma. A partir de ello, además de identificar las proporciones de la forma adecuada de vivienda (ver tabla 15), concluye lo siguiente:

- La forma cuadrada no es óptima en ninguna de las regiones climáticas.
- Las formas alargadas ubicadas sobre el eje norte-sur son menos eficaces que la cuadrada en cualquier época del año.
- Para todos los casos, la forma óptima es la que se desarrolla sobre un eje este-oeste.

Por otro lado, el mismo autor analiza también cuáles son los efectos que el volumen de las edificaciones tiene en cuanto al *confort* interno debido a la exposición a la radiación solar. Al respecto, concluye que en las zonas frías y cálidas áridas, donde los impactos son mayores, los volúmenes grandes juegan un papel importante (Olgyay, 2002:90). El concepto de volumen del autor, al hacer referencia a edificaciones vernáculas de Túnez y Nuevo México, parece referirse a la morfología urbana; a la unión de varias unidades habitacionales para conformar un solo bloque, y de esta forma se protegen unas a otras.

Tabla 15.

Efectos del clima de las regiones en la forma de la vivienda

Región	Proporciones de la planta		Efecto de las proporciones de la planta	Efecto del volumen
	Máxima	Óptima		
Fría	1:1,3	1:1,1	Se recomienda usar formas que tiendan al cuadrado –sin llegar a ser cuadradas– debido a que las temperaturas invernales no son compensadas por la radiación solar que permitiría una forma alargada orientada en dirección este-oeste.	En esta región se recomiendan las formas cerradas y compactas, con una forma relativamente cúbica. La edificación en altura resulta favorable debido a la presión ambiental.
Templada	1:2,4	1:1,6	La variación de temperaturas permite diseños de plantas flexibles. La forma alargada, orientada en la dirección este-oeste, resulta más apropiada, aunque permite plantas en forma de cruz. En esta zona, los efectos térmicos de la radiación solar producen menos efectos negativos que cualquier otra región, incluso en las fachadas orientadas en la dirección norte-sur.	En este tipo de clima es el que se permite mayor libertad de diseño e integración con la naturaleza, pues las tensiones climáticas son menores para cualquier orientación específica.
Cálida y árida	1:1,6	1:1,3	En esta región se presenta prácticamente el efecto inverso	Se recomiendan las formas macizas y las edificaciones en

			que en la región fría, por lo que la forma recomendada es la que tienda al cuadrado. Sin embargo, para mejorar el microclima, se recomienda extraer una porción de ese cuadrado y permitir que este se llene de aire fresco. La planta puede así desarrollarse libremente alrededor de ese espacio; es decir, seguir la tipología de casa patio.	altura. La organización de las edificaciones en una trama densa permite mayor protección contra el efecto de la radiación solar, así como los muros resultantes proveen de sombra tanto a jardines como a zonas de actividad diurna.
Cálida y húmeda	1:3	1:1,7	En esta región, la mayor intensidad del efecto de la radiación solar se da en los extremos este y oeste; por lo tanto, la forma recomendada es estrecha y alargada. Esto permite una mayor posibilidad de ventilación para contrarrestar la presión de vapor.	Se recomiendan formas alargadas, orientadas en el eje este-oeste, que permitan ventilación adecuada, por lo que el carácter disperso de las edificaciones es muy importante. Igual importancia tiene la vegetación para proveer sombras.

(Nota. Elaboración propia con base en Olgyay, 2002:90.)

10.3 Control solar

Las técnicas de control solar están condicionadas por los aspectos regionales de intensidad y ángulos de incidencia del sol. Los materiales con que se construyen las paredes exteriores también influyen en la transmisión de calor y radiación. Por ejemplo –y dependiendo de la latitud, la orientación, la época del año, el ángulo de incidencia de los rayos solares, entre otros condicionantes–, el vidrio es treinta veces más susceptible a los efectos solares que una pared opaca de madera; sin embargo, con la aplicación de sombra es posible reducir hasta un tercio el efecto del sol sobre el vidrio (Olgyay, 2002:66).

Según Olgyay (2002), y con base en los estudios del Laboratorio Educativo para la Fundación Ford, el efecto de la sombra en las superficies de cristal depende de varios factores, de los que se puede concluir de manera general lo siguiente:

- a) Influencia del color y del material: tomando en cuenta que los colores claros reflejan el impacto del sol y los oscuros lo absorben, el estudio referido concluye que una persiana

veneciana de color blanco es 20% más efectiva para bloquear el impacto de la radiación transmitida que una de color oscuro. El aluminio ofrece una protección adicional de 10%. Las persianas enrollables de color blanco proporcionan una protección 40% mayor que las de color oscuro.

- b) Localización de la protección: el nivel de protección solar de la barrera depende de este factor, y su efectividad va en aumento si se sitúa detrás, en o delante de la superficie de cristal, en ese orden. La protección solar ubicada en el exterior incrementa la efectividad en 35%, ya que transmiten al aire exterior la energía solar por convección y reirradiación, en lugar de eliminar únicamente la energía radiante que ya atravesó la superficie de cristal.
- c) Eficacia de los sistemas para proporcionar sombra: para poder analizar esta categoría en el estudio mencionado, se estandarizó como valor de medida un color medio o 50% de transmisión de iluminación. Así pudo determinarse que la eficacia de los distintos sistemas analizados sería el siguiente, en orden ascendente: i) persiana veneciana, ii) persiana enrollable, iii) cristal tintado, iv) cortina aislante, v) pantalla de sombra, vi) persiana exterior con lamas metálicas, vii) capa protectora sobre la superficie de cristal, viii) árboles, ix) protección externa, x) protección fija exterior, y xi) protección móvil exterior.

Con base en un análisis comparativo de la cantidad de calor que penetra en un edificio (Olgyay, 2002:72), es posible observar que las ventanas son el elemento que permite una mayor entrada de calor al interior, seguido de la cubierta, luego la infiltración y posteriormente la conducción a través de las ventanas. El papel de los muros y las superficies verticales opacas en este caso es menor, a menos que no se encuentren debidamente aislados.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que la entrada de energía calorífica está asociada proporcionalmente a la entrada de luz (Serra, 1999).

Olgyay (2002) concluye lo siguiente sobre la protección solar:

- ⇒ Los protectores de muros horizontales son más eficaces si se orientan al sur. Los verticales funcionan mejor en las orientaciones este y oeste, donde a veces resulta más conveniente colocar los de tipo móvil.
- ⇒ Las lamas horizontales permiten pasar el aire cerca de la fachada y proporcionan mejor protección que las verticales. Las lamas horizontales suspendidas de planos horizontales

son eficaces para la protección de ángulos solares muy bajos. Las de tipo móvil varían el perfil de su sombra según su posición.

- ⇒ Los toldos funcionan igual y tienen las mismas características que los elementos de protección horizontales, con la ventaja adicional de que pueden ser retráctiles.
- ⇒ Los protectores verticales oblicuos a la fachada producen un perfil asimétrico.
- ⇒ La protección tipo módulo, que es una combinación de los tipos horizontal y vertical, producen sombras con características muy variables. Son ideales para climas calurosos debido a que producen un elevado índice de sombras.
- ⇒ Los elementos de protección exteriores pueden emitir calor hacia el interior de la edificación en días muy calurosos y sin viento, o extraerlo en días fríos. Por lo tanto, se recomienda anclarlos en los puntos donde sea necesario, de manera tal que se deje una cámara de aire entre los elementos de protección y los muros.
- ⇒ En verano, las fachadas este y oeste reciben dos o tres veces más radiación que las orientadas al sur. El impacto de las altas temperaturas en el oeste aumentan debido al efecto de la radiación del atardecer.

Sombras y demás efectos producidos por árboles, vegetación y otros elementos naturales

Los árboles y la vegetación, plantados densamente, reducen eficazmente los sonidos del ambiente. Tienen además efectos térmicos, capturan el polvo, filtran el aire y aseguran la privacidad visual.

La correcta elección de árboles por utilizar dará óptimos resultados en cuanto a protección. Esta elección depende de la forma y las características del árbol a lo largo del año (épocas de invierno y verano), tiempo que tardará en desarrollarse, forma de la sombra que proyecta, su ubicación estratégica en relación con la edificación.

Al respecto, Olgyay (2002) hace las consideraciones adicionales:

- ⇒ Los árboles proporcionan mayores beneficios cuando son colocados al sureste y suroeste, debido a la sombra alargada que proyectan a primeras horas de la mañana y de la tarde, cuando el sol pasa muy bajo.
- ⇒ El uso de elementos arquitectónicos, como aleros, es muy importante para complementar la acción de los árboles, especialmente en horas de mediodía y cercanas a él, debido a que

el Sol se encuentra en su punto más alto y las sombras proyectadas están más cerca de los objetos.

- ⇒ La capa natural de plantas y hierba que cubre el suelo ayuda a reducir las temperaturas, ya que absorbe parte de la radiación y se enfría a través de la evaporación. Generalmente, en un día soleado de verano, la temperatura en la superficie de la hierba es, aproximadamente, entre 5 y 8 °C inferior que en el suelo expuesto directamente. La temperatura bajo un árbol, al mediodía, es casi 3 °C inferior que en un área sin sombra.
- ⇒ La proximidad de masas de agua modera las temperaturas extremas. Los efectos dependen del tamaño de la masa de agua y son más efectivos en las zonas bajas.

Por su parte, Higuera (2006) establece que la ubicación recomendada de los árboles es a 8-10 metros de las edificaciones, si tienen una altura de 6 a 7 metros.

10.4 Protección contra el viento y aprovechamiento de los movimientos de aire

De acuerdo con Bates (citado en Olgyay, 2002:98), “un elemento protector de viento desvía las corrientes de aire hacia arriba y, mientras vuelve para barrer de nuevo el suelo, crea una superficie cerca del mismo que permanece en calma relativa”.

Las barreras, dependiendo de su forma, reducen la intensidad del viento a la mitad en una distancia de diez a quince veces su altura. Las barreras continuas, no vegetales, consiguen reducir hasta la cuarta parte de su intensidad en una distancia de hasta diez veces su altura (Serra, 1999).

La vegetación es una de las barreras más efectivas contra los movimientos de aire: tiene la capacidad de reducir las velocidades del viento, especialmente cuando este se mueve cerca del suelo. Este efecto es perceptible también en cuanto a la humedad del aire. Al utilizar barreras, ya sean naturales o artificiales, en edificios de poca altura, estas deben de ser ubicadas y diseñadas de tal forma que dirijan y aceleren los movimientos favorables del aire hacia el interior del edificio (Olgyay, 2002).

Los movimientos de aire solo pueden darse en estructuras que tienen una entrada y una salida, debido a que las diferencias de presión son las que ocasionan dicho movimiento. Las zonas de baja presión generan el efecto de succión que contribuye a dicho movimiento. El flujo del aire dentro de una habitación siempre dependerá de las aberturas, sin importar las características geométricas al interior, como por ejemplo, divisiones internas. Lo que sí se ve

afectado es su velocidad: el flujo directo, sin obstáculos, es más rápido; mientras que las divisiones, que ocasionan un cambio en su dirección, reducen la velocidad (Olgay, 2002).

Por regla general, el flujo de aire seguirá el camino que le sea más fácil: el que presenta diferencias de presión (Serra, 1999).

Es importante recordar que el aire caliente tiende a ascender debido al efecto gravitacional sobre la diferencia de peso. Respuestas constructivas a este fenómeno son, por ejemplo, el uso de techos altos en ambientes calurosos, o vestíbulos centrales y las escaleras amplias situadas al sur en los edificios de varias plantas. Sin embargo, la velocidad normal de ascenso del aire caliente no es suficiente para producir *confort* al interior de una habitación, ya que es muy lenta. En estos casos, se recomienda introducir fuerza de viento (Olgay, 2002).

Olgay (2002:101-111) presenta una serie de conclusiones con base en experimentos realizados en un túnel de viento bidimensional, de donde se obtienen las siguientes observaciones:

- ⇒ Los edificios colocados perpendicularmente a la dirección de los vientos reciben el impacto total de su velocidad. Este impacto se reduce en un 50% si se sitúan a 45° de la dirección del viento.
- ⇒ Las construcciones en hilera –perpendicularmente a la dirección de los vientos–, espaciadas entre sí una distancia equivalente a siete veces su altura, aseguran un nivel de ventilación satisfactorio para cada unidad. Sin embargo, debido al comportamiento natural de los vientos, una disposición sinuosa de las edificaciones aprovecha los “saltos del viento” y dirige el flujo del aire a las unidades que se encuentran detrás. La primera distribución ayuda a proteger de los efectos de los vientos (de invierno), mientras que la segunda permite un mejor aprovechamiento de las brisas (de verano).
- ⇒ Si se colocan barreras protectoras en uno o dos lados de un edificio, la presión originará movimientos de aire en el interior de la construcción. El follaje de los árboles bloquea el paso de aire, originando un incremento de la velocidad del aire que pasa directamente por debajo. Las barreras sólidas producen remolinos en la parte superior, lo que reduce su eficacia.
- ⇒ Las diferencias de presión en la fachada expuesta contribuyen al movimiento de aire en el interior de la edificación. Las aberturas serán más eficientes si se colocan las de entrada de aire en las zonas de alta presión –fachada directamente expuesta a los movimientos de

aire– y las de salida en las zonas de baja presión –lados opuesto y adyacentes a la fachada de mayor exposición– (ventilación cruzada). El máximo flujo de aire se produce cuando grandes aberturas de igual tamaño se sitúan en fachadas opuestas. Por otro lado, la mayor velocidad se produce cuando la abertura de entrada es pequeña y la de salida es grande (estrategia útil para la época de verano).

- ⇒ La ubicación de las divisiones y los patrones de movimiento del aire están sumamente interrelacionados; lo ideal son las plantas libres, pero en caso de ser necesario colocar divisiones, lo mejor es seguir un modelo de flujo. Las divisiones paralelas al flujo de entrada parten el recorrido, pero mantienen las velocidades adecuadas. Las perpendiculares alteran el recorrido, limitando tanto el efecto refrescante como la velocidad.
- ⇒ El movimiento del flujo de aire al interior de una habitación depende principalmente de la ubicación de la abertura de entrada, mas no de la ubicación de la abertura de salida. Se recomienda colocar las aberturas de entrada en cotas inferiores a las de salida (efecto chimenea), para asegurar un flujo de aire agradable que esté dirigido específicamente a la zona de actividad.
- ⇒ Los voladizos a la altura del techo, ubicados sobre aberturas de entradas de aire, mejoran el efecto de ventilación, pues interceptan corrientes de aire que de otra forma escaparían; mientras que los voladizos colocados directamente sobre las ventanas hacen que el flujo del aire se dirija hacia el techo, lo que resulta desfavorable. Sin embargo, este efecto puede convertirse en favorable si se permite una hendidura entre el voladizo y la pared. Con ello se equilibran las presiones y el flujo del aire puede dirigirse hacia la zona de actividad.
- ⇒ Las ventanas pivotantes y las de celosía son eficientes cuando, en el lado interior, se dirigen hacia abajo, pues conducen el aire de manera satisfactoria hacia la zona de actividad. Si las celosías se dirigen hacia arriba, el flujo del aire se dirige hacia el techo, alejándose de la zona de actividad. Este efecto es el mismo para el caso de las persianas venecianas.
- ⇒ El análisis de la orientación de las edificaciones con respecto de la orientación de los vientos no es tan importante para las edificaciones de poca altura, donde el flujo de los vientos puede mejorarse por medio de la colocación de barreras, disposición de aberturas

y el efecto direccional de los elementos de control de las ventanas. Sin embargo, dicho análisis sí es de suma importancia en las construcciones altas que carecen de aire acondicionado y el efecto del terreno circundante no modifica las condiciones de las plantas superiores.

⇒ Los niveles óptimos de movimiento de aire en los espacios interiores son de 1,52 m/s durante el día y 1,02 m/s durante la noche. Si esto no es suficiente para contrarrestar el calor o la presión de vapor, será necesario utilizar acondicionamiento mecánico.

10.5 Protección contra ruidos

Los sonidos percibidos alteran el bienestar del ser humano, afectándole directamente su sentido auditivo y a la vez modificando –y muchas veces empeorando– sus sensaciones térmicas, lumínicas y de otros tipos. Un sonido, ya sea un sonido puro, un sonido musical, o cualquier otro tipo de sonido, desde el punto de vista psicológico, puede convertirse en ruido desde el momento en que se trata de un sonido no deseado, y, por lo tanto, se convierte en algo molesto e incómodo, sin importar su nivel de intensidad (Serra, 1999).

En este caso, según el citado autor, lo más conveniente es el uso de barreras, ubicadas lo más cerca posible del origen del ruido. El uso de una serie de barreras ligeras funciona mejor que una sola barrera pesada.

Serra (1999) ofrece las siguientes recomendaciones para hacer que la arquitectura permanezca conectada acústicamente con el lugar al que pertenece, sin que esto llegue a suceder de manera agresiva:

- Considerar la ubicación del edificio, haciendo uso, si es posible, de la protección que ofrecen la topografía y la vegetación. Cualquier barrera ayuda a reducir las molestias ocasionadas por el ruido, y aunque se necesitan más de 30 metros de bosques cerrados para llegar a un nivel alto de aislamiento, el solo hecho de bloquear la visión hacia la fuente del sonido es ya de gran ayuda psicológica.
- Corregir el entorno, protegiendo los edificios desde el exterior inmediato. Las barreras por utilizar son de carácter artificial (muros, cercas, vegetación, etc.), con la intención de seguir el principio de la ayuda psicológica de las barreras visuales. Esta estrategia se aplica en el caso de que no sea posible acercar la barrera al origen del ruido; se acercan entonces al elemento a proteger –el edificio–, procurando lograr que

esa sensación de protección sea agradablemente perceptible en el interior de la edificación.

- Tratar, en la medida de lo posible, que la forma del edificio sea la adecuada para la situación acústica a la que estará expuesto. Si existe una dirección de ruido predominante, la exposición de superficie del edificio en esa dirección debe de ser la menor posible. Por otro lado, el uso de patios, atrios, claustros o jardines interiores también constituyen estrategias, que dan resultados muy agradables, para controlar los sonidos.
- Los cerramientos deben de ser pesados para que puedan ser eficaces al momento de proteger de los ruidos. Las aberturas que se encuentren en ellos deben de estar aisladas a los ruidos también, de lo contrario su eficacia se reduce.
- La jerarquización y relación de las habitaciones o estancias al interior de las edificaciones, de tal manera que los sonidos que provienen del exterior –que idealmente se encuentran más o menos controlados por las estrategias descritas anteriormente– no afecten a las personas dentro del edificio, y que los sonidos deseados del interior puedan reproducirse y enriquecerse; mientras que los no deseados puedan amortiguarse. El autor distingue tres clasificaciones para los espacios interiores: (a) espacios principales, que son los que exigen mayores condiciones ambientales de comodidad, debido a que son en los que se permanece gran parte del tiempo –salas de estar, dormitorios, comedores en viviendas; y despachos, salas de reuniones y similares en edificios de oficinas–; (b) espacios secundarios, que permiten mayor flexibilidad en las condiciones ambientales, pues son espacios de uso discontinuo, tales como los espacios de circulación y almacenaje; (c) espacios independientes, que tienen sus propias características ambientales según su función, muy distintas a las de los otros espacios del edificio, tales como cocinas, salas de actos, y otros.

Lograr esta relación implica tener en cuenta los aspectos funcionales de cada uno de los espacios, así como también la simultaneidad temporal de las funciones que se llevan a cabo en ellos. También es importante tomar en cuenta las conexiones indirectas que pueden darse entre espacios que están separados por espacios de circulación.

10.6 Efectos aislantes de los materiales

Las paredes o cerramientos que se utilizan en la construcción de edificaciones – compuestas por materiales específicos que dependen de aspectos regionales, culturales, económicos, etc. –, en un sentido amplio, comprenden barreras casi perfectas contra elementos tales como la radiación visible (luz) y el viento (Serra, 1999). Sin embargo, elementos como el calor, el sonido y la humedad son difícilmente controlados por este tipo de barreras.

La capacidad para aislar de un material depende de varios factores, entre ellos su composición, color, textura, porosidad, entre otros.

Las propiedades aislantes de los materiales son la forma más eficaz de reducir el flujo de calor (Olgyay, 2002). La elección de materiales con capacidad de aislamiento depende de las temperaturas exteriores a la edificación en la localidad donde esta se encuentra.

El citado autor agrega las siguientes conclusiones:

- ⇒ Las superficies curvas (cúpulas o bóvedas), corrugadas o desiguales incrementan el efecto de intercambio de calor e incrementan el índice de transferencia por convección.
- ⇒ Los materiales que reflejan más radiación de la que absorben y que expelen rápidamente la radiación absorbida en forma de radiación térmica producen temperaturas más bajas al interior de las edificaciones.
- ⇒ Los materiales blancos pueden reflejar incluso más del 90% de la radiación solar recibida, los negros el 25% o menos.
- ⇒ Los materiales orgánicos tienden a absorber mayor humedad que los inorgánicos, por lo que los primeros tienen una mayor capacidad de transmisión de calor debido a la relativamente alta conductividad térmica del agua.
- ⇒ El aire con alto contenido de vapor penetra en las edificaciones a través de los materiales o de los espacios abiertos hacia las zonas con presión de vapor baja. El control del vapor cobra mayor importancia en las zonas de clima frío. Según T.S. Rogers, las condensaciones en el interior de edificaciones se pueden eliminar (a) reduciendo la humedad en el interior, (b) colocando “barreras del vapor” en el lado más cálido de la zona de punto de rocío, (c) conectando el lado frío con el aire exterior, (d) utilizando en el lado frío materiales más porosos que los empleados en el lado cálido.
- ⇒ El aire estático es uno de los mejores aislantes.

- ⇒ Las construcciones ligeras (madera) tienden a seguir en su interior las fluctuaciones de temperatura del exterior; mientras que las construcciones pesadas (ladrillo, adobe) tienden a mantener una temperatura interna con menores variaciones, por lo que estas últimas ofrecen mayores ventajas para conseguir el equilibrio calorífico diario.
- ⇒ Las construcciones ligeras son las más adecuadas para las zonas cálidas húmedas del trópico –donde las variaciones de temperatura durante el día son pequeñas–, ya que permiten reducir la presión de vapor. Las condiciones de temperatura diaria pueden estabilizarse al colocar masa en el interior de la estructura.

Tabla 16.

Crterios y recomendaciones de diseño bioclimático según la propuesta de Olgay para la ordenación del conjunto

Ordenación del conjunto				
	Región fría	Región templada	Región cálida árida	Región cálida húmeda
Elección del emplazamiento	Pendientes S y SE, a media ladera o en media ladera baja para evitar los efectos excesivos del viento.	Pendientes y orientación E o S. Protección adecuada contra el viento y máximo aprovechamiento de las brisas para los períodos cálidos.	Partes bajas de pendientes SE-E para aprovechar y controlar los flujos fríos de aire. Emplazamientos altos y con posibilidades de evaporación.	Emplazamientos altos y enfrentados a la dirección del viento. Pendientes N y S.
Estructura urbana	Edificaciones grandes agrupadas, pero manteniendo espacio entre ellas. Viviendas unidas para evitar la pérdida de calor.	Libre y abierta, con edificaciones que tiendan a mezclarse con la naturaleza.	Los muros y jardines deben proporcionar sombra a los espacios interiores. Concentración de viviendas en torno a patios para permitir sombras.	Vivienda dispersa para aprovechar los movimientos de aire. Espacios techados.
Espacios públicos	Protegidos de los vientos, abiertos,	Áreas amplias con grupos de	Conexión entre áreas	Distancias peatonales

	áreas con sombra periódicamente.	árboles. Calles en dirección SO.	residenciales y espacios públicos. Protección solar total o parcial. Evitar superficies pavimentadas. Los estanques de agua son beneficiosos.	mínimas y sombreadas.
Paisaje	Trazado viario irregular debido a la topografía variable.	Considerar la relación exterior-interior para permitir una utilización prolongada de los espacios exteriores.	Concentración de plantas superficies cubiertas de césped, debido a la escasa vegetación natural de las regiones.	Integración del agua como elemento paisajístico. Drenajes de agua situados lejos de las viviendas, con pendiente adecuada para responder en caso de tormentas muy fuertes.
Vegetación	Barreras de vegetación perenne, a una distancia de 20 veces la altura de los árboles, en dirección NE-SO. Cerca de la vivienda (pero no demasiado para evitar la humedad), árboles de hoja caduca.	Barreras vegetales en dirección NO (mas no en el S y SO) de árboles de hoja perenne para protección contra el viento. Árboles de hoja caduca para dar sombra en los extremos E y O de las casas. Planicies cubiertas de césped para absorber la radiación.	Elemento imprescindible debido a sus propiedades de evaporación y sombra.	Árboles de ramas altas para no interferir con las brisas. Vegetación alejada de las viviendas. Aire proveniente de un estanque sombreado.

(Nota. Elaboración propia con base en Olgyay, 2002:155-177.)

Tabla 17.

Criterios y recomendaciones de diseño bioclimático según la propuesta de Olgyay para el diseño de viviendas

El diseño de la casa				
	Región fría	Región templada	Región cálida árida	Región cálida húmeda
Tipología de la vivienda	Viviendas compactas de una o dos plantas, situadas en hilera.	Estrecha relación de la casa con la naturaleza. Formas libres en los edificios.	Casa-patio. Viviendas colindantes, en hilera y conjuntos compactos en orientación E-O con efecto de volumen. Edificios de construcción maciza.	Vivienda aislada, preferiblemente situada en un emplazamiento algo elevado. Edificios altos de formas libres y alargadas.
Distribución general	Dos zonas separadas que respondan a las condiciones extremas de invierno y verano. Evitar escaleras al exterior y rampas para vehículos demasiado inclinadas.	Aprovechamiento de la radiación, efecto de los vientos y protección contra ellos.	Edificaciones rodeadas de zonas verdes y cerradas al exterior. Edificaciones subterráneas. Techos poco altos.	Edificaciones sombreadas que estimulen los movimientos de aire. Protección solar en superficies expuestas, especialmente techo y fachadas E y O.
Planta de distribución	Diseño compacto, pero con áreas adicionales o espacios exteriores para el <i>comfort</i> en verano.	Libertad espacial: conexión espacial interior-exterior. Aberturas hacia el S y SE, cerramientos en el O. Dormitorios y porche al E.	Ordenación residencial introvertida. Edificaciones de una sola planta con distribución de economía de movimientos. Zonas productoras de calor alejadas del resto de	Planta de distribución libre en caso de estar protegida por sombra. Permitir paso de aire al interior. Evitar zonas pavimentadas. Colocar mallas protectoras contra insectos.

			habitaciones. Habitaciones no habitables al O.	Separar de la edificación y ventilar zonas donde se produzca humedad o calor. Control de vapor, insectos y humedad en espacios de almacenamiento.
Forma y volumen	Mínima superficie exterior expuesta. Efecto volumen en proporción 1:1.1 ó 1:1.3 en el eje E-O.	Planta en forma de cruz, las extensiones E-O son las más favorables. Proporciones 1:1.6.	Formas compactas con un eje E-O. Proporción 1:1.3. Reducir el asoleamiento al máximo.	Formas ligeramente alargadas. Proporción óptima 1:1.7, pero 1:3.0 en eje E-O es también aceptable.
Orientación	12° al E del S.	17.5° al E del S.	25°-35° al E del S. 12° al S del O en edificios bilaterales con ventilación cruzada.	5°-10° al E del S.
Interior	-	Ventilación cruzada. Reducción de profundidades interiores, permitiendo la penetración del sol.	Habitaciones profundas. Contacto con patios.	Espacios interiores sombreados y ventilados. Espacios flexibles o multiusos divididos por paneles móviles o muros bajos. Ventilación E-O en zonas de actividad diurna. Zona de seguridad en caso de desastres naturales.

Color	Tonalidades medias en las superficies expuestas al sol. Colores oscuros absorbentes, siempre y cuando estén en la sombra en verano.	Colores medios. Colores oscuros solamente si están protegidos del sol. Superficie exterior de color claro.	Blanco en superficies expuestas al sol. Colores oscuros y absorbentes en superficies internas donde se esperan reflexiones.	Colores reflectantes, como tonos pastel.
-------	---	--	---	--

(Nota. Elaboración propia con base en Olgyay, 2002:155-177.)

Tabla 18.

Criterios y recomendaciones de diseño bioclimático según la propuesta de Olgyay en cuanto a los elementos constructivos de las edificaciones

	Elementos constructivos			
	Región fría	Región templada	Región cálida árida	Región cálida húmeda
Aberturas y ventanas	Ventanas orientadas al sol. Aberturas grandes en fachadas S y E, las demás deben ser pequeñas. Sistemas de control solar y cortinas pesadas para evitar la pérdida de calor. Doble vidrio. Ventilación cruzada.	Protección de pantallas o filtros, que permita la ventilación cruzada, en las aberturas. Ventanas pequeñas en la fachada O.	Aberturas pequeñas al S y N, en menor proporción al E. Ventanas protegidas del sol directo y en la parte superior de la fachada.	Ventilación cruzada E-O. Ventanas con pantallas de tal manera que permitan la ventilación y protección de la radiación al mismo tiempo.
Muros	Materiales lisos, no absorbentes en el exterior, con capacidad de aislamiento térmico.	Evitar materiales absorbentes o que puedan congelarse. Predominio de lluvia y humedad en fachada NO.	Paredes en zonas de actividad diurna con materiales que permitan acumulación calorífica. Paredes de zonas de actividad	Las paredes no actúan como barreras térmicas, si no más bien como protección contra insectos sin impedir el paso del viento.

			nocturna con poca capacidad acumulativa. Fachadas E y O en sombra. Materiales con alto índice de reflexión.	
Cubiertas	Las cubiertas inclinadas permiten la evacuación de la nieve por acción del viento. Las cubiertas horizontales sin albardillas se despejan con mayor rapidez.	Ventilación superior que pueda cerrarse en invierno (e.g., ventilador de techo). Evitar acumulaciones de nieve y lluvia.	Aislamiento por almacenamiento de calor o cubiertas sombreadas y bien ventiladas en dormitorios. Aspersores de agua o piscinas en el techo.	Cubierta doble y ventilada como protector del sol. Impermeable, aislada y reflectante. Voladizos para proteger de la lluvia (que generalmente cae en un ángulo de 45°) y el resplandor.
Materiales	Capacidad de aislamiento para resistir un gradiente térmico invernal de 31 °C. Barrera de vapor en la cara interna de los muros exteriores. Materiales no absorbentes o susceptibles a tensiones provocadas por dilatación, contracción o deshidratación excesiva.	Índice de aislamiento de 70. Barrera de vapor en el lado cálido para prevenir la condensación.	Índice de aislamiento de 45°. Muros con alta capacidad calorífica.	Índice de aislamiento de 35°. Materiales para paredes de poca capacidad calorífica. Prevención de los daños producidos por la humedad y otros agentes.
Elementos de protección solar	Protecciones horizontales en la fachada S. Árboles de hoja	Árboles de hoja caduca al E y O de las edificaciones	Separados del edificio y expuestos a la convección del	Elementos de protección solar, especialmente en fachadas E y O.

	caduca en la esquina SE y en el extremo O.	bajas, a 68° sur. En edificios altos, colocar elementos modulares de control solar en las fachadas E y O. Cortinajes verticales en fachada N.	viento.	En verano, la pared N recibe mayor impacto de radiación que la S.
Cimientos. Sótanos	Sistemas de deshumidificación en los sótanos o sol en verano para evitar condensaciones.	Deshumidificación.	Tipología de casa subterránea.	Los sótanos son inviables debido a la humedad. Cimientos protegidos de la humedad, hongos, insectos y roedores. Los palafitos (construcción en pilotes sobre cuerpos de agua calmos) permiten ventilación adecuada en zonas de actividad diaria y crea un área protegida debajo de ella.
Equipo mecánico	Tuberías de abastecimiento y desalajo de agua al exterior de los muros NO y SE.	-	Eficacia operativa en los elementos productores de calor (cocina).	Ventilación mecánica por ventiladores.

(Nota. Elaboración propia con base en Olgyay, 2002:155-177.)

11. Elementos de arquitectura sostenible

De acuerdo con Higuera (2006), entre los objetivos de la arquitectura que sigue los criterios del *desarrollo sostenible*, se pueden mencionar:

- Conocer los recursos y potencialidades del territorio, haciendo uso racional y responsable de ellos.

- Análisis de variables medioambientales (radiación solar, vegetación, viento, agua y humedad del aire, geomorfología) y del medio urbano (red viaria, espacios libres, morfología de las manzanas y lotes o parcelas, tipología edificatoria).
 - Determinar cuáles son los espacios que requieren de protección especial debido a sus características propias.
 - Definir cuáles son los espacios que ya están degradados para determinar las acciones necesarias para regenerarlos.
- Integrar los elementos sociales, físicos y medioambientales.
 - Considerar las entradas y salidas de materiales y energía.
 - Mejorar la calidad de vida.

Tabla 19.

Elementos por tomar en cuenta en el diseño de arquitectura sostenible

Elemento	Descripción
Escala urbana	Reducción de los efectos negativos de la planeación, tanto a escala local como global, específicamente en cuanto al medio ambiente y la sociedad.
Eficiencia energética	Consideración del uso de suelo, densidad poblacional, movilidad y transporte, uso y consumo de agua. Posible uso de energías renovables y técnicas de acondicionamiento pasivo, según las características climáticas y el uso de las edificaciones.
Selección del sitio	Consideración y análisis de las características físicas y medioambientales del sitio, acceso o cercanía a infraestructura y equipamiento básicos, futuras ampliaciones del proyecto y efectos que puede conllevar su concreción. Conexión y relación con el entorno del sitio.
Análisis del sitio	Análisis y estudio de las características climatológicas, topografía, tipos de suelos, vegetación, calidad del aire, presencia de ruidos, contaminantes, paisaje circundante y aspectos de movilidad, tanto para personas como para vehículos.
Asoleamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Las laderas orientadas al sur reciben mayor radiación solar que los sitios planos, ideal para el acondicionamiento pasivo en invierno. • Construcciones en laderas con pendiente $\geq 10\%$ orientadas al norte provocan obstrucciones solares considerables, por lo que no son viables para el acondicionamiento pasivo. • Árboles, colinas, edificios, y otros cercanos a los edificios pueden provocar obstrucciones solares, por lo que es necesario analizar y definir las zonas de obstrucción para cada una de las fachadas.

Viento	<ul style="list-style-type: none"> • Las corrientes de aire son aproximadamente 20% más fuertes en lo alto de una colina en comparación con las zonas bajas. • El aire frío baja por las laderas, mientras que el aire cálido sube a las zonas más altas por la noche. • En el litoral o en los lagos siempre existen brisas. • Los desfiladeros naturales o calles estrechas aumentan la velocidad del viento. • Los edificios en altura ocasionan turbulencias y remolinos en su base, cuya velocidad es superior a la de la corriente inicial.
Calentamiento pasivo (latitudes norte)	<ul style="list-style-type: none"> • Diseños en formas compactas (reducir la superficie con respecto al volumen edificado). • Maximizar las ganancias solares. • Reducir la superficie expuesta en la fachada norte o en dirección de los vientos dominantes. • Aislar el perímetro de los edificios. • Controlar la ventilación natural y las infiltraciones. • Ubicar las puertas lejos de las esquinas y de las zonas de vientos dominantes. • Uso de invernaderos de cristal en las fachadas sur. • Uso de patios y atrios como espacios de amortiguación y permitir la entrada de luz natural a los edificios. • Uso de la masa térmica para reducir el uso de calefacción mecánica.
Enfriamiento (latitudes sur)	<ul style="list-style-type: none"> • Baja superficie en relación con el volumen edificado. • Reducir la superficie de fachadas expuestas a la radiación solar directa. • Uso de toldos, persianas, entre otros, para generar sombra en los huecos. • Aislar los cerramientos y la cubierta. • Control de ventilación e infiltración cuando las temperaturas exteriores son elevadas. • Uso de chimeneas solares para forzar el movimiento del aire en el interior. • Ubicar los huecos de las fachadas en la sombra, orientados en dirección de los vientos dominantes. • Utilizar espacios de amortiguación en las fachadas sur. • Uso de la masa térmica para evitar el exceso de calor provocado por la radiación. • Uso de patios para permitir ventilación e iluminación natural al interior de las edificaciones. • Uso del agua para favorecer la evaporación y reducir la sensación de calor.

(Nota. Elaboración propia con base en Higuera, 2006:142-145.)

12. Adaptación al contexto salvadoreño: clima y recursos naturales disponibles en el país

A continuación se tratan, de manera general, algunos de los elementos por analizar para el diseño bioclimático descritos anteriormente, contextualizados con la realidad nacional. Cabe mencionar que cada uno de estos aspectos debe de ser analizado en el territorio específico donde se planea construir la vivienda, ya que todos estos aspectos varían de acuerdo con el sitio elegido.

12.1 Clima

De acuerdo con el Sistema Nacional de Estudios Territoriales (Snet) (2005:26), la temperatura media anual del país es de 24.8 °C. Las temperaturas más bajas se dan en los meses de diciembre (23.8 °C) y enero (23.9 °C), debido a la incursión de aire frío proveniente del norte; mientras que el mes más cálido es abril, con un promedio de 26.4 °C.

Según García (2009:2), de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, la mayor parte del país cae dentro de la clasificación de sabana tropical caliente, con elevaciones entre los 200 a los 800 m.s.n.m., tratándose de las planicies costeras e internas.⁵

Por otro lado, la forma en que los rayos solares inciden en el territorio nacional –en forma casi perpendicular– durante el año, hace que las variaciones de temperatura entre estaciones sean muy pequeñas. Esto último también se ve reforzado por la influencia del Océano Pacífico, que en el país es muy importante, ya que amortigua las fluctuaciones térmicas y aporta humedad (García, 2009:12). Por su parte, Guevara (citado en García, 2009:13) sostiene que la cadena montañosa hace que la mayor parte del territorio se encuentre a *sotavento* de los vientos alisios, lo que hace que las lluvias en la estación seca sean menores comparadas con las de los países que tienen costas hacia el Caribe.

12.2 Microclima

De manera general, a escala de país, es posible identificar los microclimas por medio de la identificación de las zonas de vida. La clasificación más común utilizada para la clasificación de las zonas de vida ecológicas en el país es la que se basa en el sistema de clasificación del Dr.

⁵ De acuerdo con el *Atlas de El Salvador* (2000:28-29), la clasificación de zonas climáticas según Köppen está basada en la altura sobre el nivel del mar de un área determinada de territorio. En el país se distinguen las siguientes: 1. Sabanas Tropicales Calientes o Tierra Caliente: de 0 a 800 m.s.n.m., con una variación de temperaturas anuales entre 22 °C y 28 °C, según la altura; 2. Sabanas Tropicales Calurosas o Tierra Templada: de 800 a 1.200 m.s.n.m., con temperaturas anuales entre 19 °C y 22 °C según la altura; y 3. Clima Tropical de las Alturas, que a su vez se divide en a) de 1.200 a 1.800 m.s.n.m., con temperaturas anuales entre 16 °C y 20 °C; b) de 1.800 a 2.700 m.s.n.m., con temperaturas anuales entre 10 °C y 16 °C.

L. R. Holdridge, que según el *Atlas de El Salvador* (2000:34) distingue las siguientes formaciones ecológicas: a) Bosque Seco Tropical, que cubre únicamente una pequeña superficie del país, con una biotemperatura de 24.2 °C y precipitación anual de 1.301 mm; b) Bosque Húmedo Tropical, presente en áreas muy específicas del país que se encuentran entre los 450 a 700 m.s.n.m., posee una temperatura máxima de 24 °C y una precipitación anual mayor a 2.000 mm; c) Bosque Húmedo Subtropical, con una biotemperatura promedio por debajo de los 24 °C y precipitación anual que varía entre los 1.400 y los 2.000 mm en un régimen de precipitación cuyo patrón es monzónico, abarcando áreas que se encuentran desde los 0 hasta los 1.700 m.s.n.m., dividiéndose en Bosque Húmedo Subtropical fresco y Bosque Húmedo Subtropical caliente, según la altura; d) Bosque Muy Húmedo Subtropical, que es la zona inmediata superior al Bosque Húmedo Subtropical fresco, entre los 100 y 1.500 m.s.n.m., con una biotemperatura de 22 °C y precipitaciones promedio anuales mayores a 2.000 mm; e) Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, con temperaturas anuales medias entre los 12 °C y 18 °C y precipitación anual promedio entre 2.000 y 4.000 mm, posee bosques de coníferas; y f) Bosque Muy Húmedo Montano, restringido a un área específica del país –parte más alta del cerro El Pital– entre los 2.500 m.s.n.m. y 2.700 m.s.n.m., con una biotemperatura media entre los 6 °C y 12 °C, con una precipitación anual de 1.000 a 2.000 mm.

12.3 Geomorfología

El relieve actual de El Salvador es producto de los movimientos orogénicos y de la actividad volcánica de su historia geológica, lo que ha dado origen a diversas formaciones geomorfológicas. Aproximadamente 13% del territorio nacional está conformado por planicies costeras; el 49% por áreas montañosas y el 38% se trata de zonas de relieves bajos, pequeñas lomas y valles (Snet, 2005:23).

De acuerdo con el Snet (2005:23-26), las principales regiones geomorfológicas del país son: a) Planicie costera, ubicada entre la cadena costera y el Océano Pacífico, posee un relieve llano con un declive promedio del 1%; b) Cadena costera, paralela al litoral, es de origen volcánico y se encuentra separada por planicies aluviales y drenada por distintos ríos importantes de carácter perenne y temporal; c) Cadena volcánica reciente, corre paralela a la costa del Océano Pacífico, es considerada como una de las cordilleras volcánicas más activas del mundo; d) Cordillera fronteriza: ubicada al norte del país, en la frontera con Honduras, es allí donde se encuentran las mayores elevaciones del país, siendo un sistema de montañas y cerros no continuo

que se interrumpe por valles intramontanos; e) Depresión central, que atraviesa todo el país de oeste a este en forma de mesetas bajas muy diseccionadas y valles relativamente planos.

12.4 Régimen de lluvias

El régimen de lluvias en el país varía durante el año, presentándose dos estaciones o épocas bien definidas a lo largo del año: una época seca –entre los meses de noviembre a abril– y otra lluviosa –entre los meses de mayo a octubre–.⁶ En los meses de julio y agosto, aproximadamente, se da un fenómeno conocido como “canícula”, donde la lluvia disminuye significativamente. Es en esos dos meses donde se presentan mayores precipitaciones durante la noche, sin que disminuyan las horas diurnas con lluvia. La dirección de la actividad lluviosa es de oeste a este (Guzmán, citado en García, 2009:13).

Según Ayala, Sánchez, Escalante y Marroquín (2005:1-2), la estación seca tiene una duración aproximada de 157 días, la transición de la estación seca a la lluviosa 31 días, la estación lluviosa 149 días, y la transición de la estación lluviosa a la seca 28 días. Cabe mencionar que este se trata de un cálculo con base en un promedio de los datos obtenidos en una observación del comportamiento climático durante 50 años. Así mismo, los autores, en su estudio, establecieron fechas aproximadas del inicio y finalización de cada una de las estaciones y transiciones, que no se mencionan debido a las variaciones climáticas que se han percibido en los últimos años.

De acuerdo con García (2009:13), Guzmán, en sus estudios acerca de la canícula, concluyó que esta tiende a presentarse durante los primeros diez días de junio o los primeros diez días de agosto. La zona oriental y las zonas costeras del país son las que se ven más afectadas por este fenómeno.

Los “temporales”, fenómenos en los que se registran lluvias abundantes durante dos días o más, se originan en el Océano Pacífico, trayendo precipitaciones excesivas a la zona costera. Este tipo de fenómeno es más común en los meses de junio y septiembre, que son los meses en los que, debido a la Zona de Convergencia Intertropical, se presentan los máximos de precipitación (García, 2009:13-14).

Otro fenómeno cíclico común en el área centroamericana es el llamado El Niño-Oscilación Sur (Enos), mejor conocido como “El Niño”, que afecta directamente la cuenca del

⁶ Es posible consultar mapas de precipitación pluvial en El Salvador, con información detallada por año y por mes en el sitio <http://atlas.snet.gob.sv/snet/?q=node/114>; estos mapas son de los años 1991 a 2005.

Océano Pacífico tropical. Dicho fenómeno posee dos componentes: El Niño –de origen oceánico– que consiste en el comportamiento particular de la temperatura de la superficie del mar, mientras que la Oscilación Sur –de origen atmosférico– está relacionado con los cambios de presión atmosférica que se dan interanualmente sobre el Océano Pacífico y el Océano Índico ecuatorial (García, 2009:15).

De acuerdo con García (2009:17), el fenómeno Enos trae consigo, para el área centroamericana, presiones anormalmente bajas en el este del Pacífico austral y anomalías positivas de la presión a nivel del mar sobre el Atlántico, así como vientos alisios débiles en el Pacífico y fuertes en el Atlántico, y vientos del oeste en la atmósfera superior que se intensifican. Las temperaturas tienden a ser más cálidas y las precipitaciones decrecen significativamente en el período de julio a diciembre. En los meses de enero a marzo las precipitaciones son bajas, y en los meses de abril a junio no existe una tendencia consistente de un decrecimiento de lluvia. Por su parte, Guzmán, citado en García (2009:18), establece que los efectos del fenómeno Enos son más sensibles en la zona oriental del país, y son amortiguados en el centro y occidente, lo que produce daños en los cultivos y la producción debido a las anomalías en las precipitaciones pluviales.

El fenómeno Enos tiene una fase de enfriamiento del agua de la superficie marina – producto de elementos del proceso descrito anteriormente– conocida como “La Niña”. Durante esta fase se genera mayor inestabilidad que provoca más lluvias, trayendo como consecuencia desbordamientos e inundaciones, especialmente en la zona costera del país (García, 2009:16, 25-26).

Existe otro indicador que afecta el régimen de lluvias en el país, que es la región Atlántico Tropical Norte (ATN) –entre los 6 a 22° N y los 15 a 80° W–, pero su influencia no ha sido estudiada con profundidad (García, 2009:22, 25).

12.5 Suelo y subsuelo

La clasificación que usualmente se utiliza para identificar los suelos en el país se basa en el Mapa de Clasificación General de Suelos-Usda de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería (1985). El tipo de suelos está íntimamente relacionado con el uso, debido a que cada tipo de suelo posee las características específicas para cada vocación potencial. Entre los principales usos de suelo del país están los territorios

artificializados (3,46 %), los territorios agrícolas (70,04 %) y los bosques y medios seminaturales (23,21 %) (Snet, 2005:30-33).

12.6 Radiación solar

De acuerdo con el *Atlas de El Salvador*, en el país se observa una variación de radiación solar promedio anual 3,8 hasta 4,8 cal/cm²/día, donde los mayores valores se presentan en las zonas de mayor altitud, concluyendo en que hay una relación directa entre la altura y la radiación solar. Entre los factores que afectan la radiación solar que inciden un territorio están los fenómenos atmosféricos, tales como la nubosidad y la absorción, la reflexión y la dispersión de la luz solar.

Para obtener una visualización gráfica de la radiación y el brillo solar en el país, ver Ayala, *et al.* (2005:4-11 – 4-18).

12.7 Viento

Los vientos predominantes en El Salvador son los alisios –los más constantes del planeta–, que soplan en dirección noreste desde las regiones de altas presiones de las latitudes medias hacia la zona ecuatorial. Estos afectan principalmente a las zonas más altas del país (Ayala, *et al.*, 2005:1-3).

Se presentan también vientos de carácter local, tales como a) las brisas mar-tierra, que van en dos direcciones: en el día van del mar hacia la superficie terrestre y en la noche en sentido contrario; b) las brisas montaña-valles, que también poseen dos direcciones: durante el día los vientos locales soplan desde los valles y mesetas hacia las zonas altas y por la noche las brisas soplan desde las zonas montañosas hacia el fondo de los valles y las mesetas; c) los vientos nortes, aparecen, estadísticamente, en el mes de octubre debido a la incursión de una célula de alta presión procedente de Norteamérica; estos sistemas anulan las lluvias y evitan la formación de nubes. Se ha observado que últimamente los vientos nortes se presentan una vez finalizado el mes de octubre (Snet, 2005:27-28).

13. Adaptación de los criterios de diseño bioclimático al contexto nacional

De acuerdo con lo planteado anteriormente, y siguiendo los criterios de Olgyay (2002) y Serra (1999), se establece que El Salvador se encuentra en la región cálida húmeda, por lo que se resumen en la tabla 20 los criterios que deben tomarse en consideración al momento de plantear el diseño de una vivienda bioclimática adaptada al contexto salvadoreño.

Tabla 20.

Criterios y recomendaciones de diseño bioclimático según la propuesta de Olgyay para la región cálida húmeda

Ordenación del conjunto	
Elección del emplazamiento	Emplazamientos altos y enfrentados a la dirección del viento. Pendientes norte y sur.
Estructura urbana	Vivienda dispersa para aprovechar los movimientos de aire. Espacios techados.
Espacios públicos	Distancias peatonales mínimas y sombreadas.
Paisaje	Integración del agua como elemento paisajístico. Drenajes de agua situados lejos de las viviendas, con pendiente adecuada para responder en caso de tormentas muy fuertes.
Vegetación	Árboles de ramas altas para no interferir con las brisas. Vegetación alejada de las viviendas. Aire proveniente de un estanque sombreado.

El diseño de la casa

Tipología de la vivienda	Vivienda aislada, preferiblemente situada en un emplazamiento algo elevado. Edificios altos de formas libres y alargadas.
Distribución general	Edificaciones sombreadas que estimulen los movimientos de aire. Protección solar en superficies expuestas, especialmente techo y fachadas este y oeste.
Planta de distribución	Planta de distribución libre en caso de estar protegida por sombra. Permitir paso de aire al interior. Evitar zonas pavimentadas. Colocar mallas protectoras contra insectos. Separar de la edificación y ventilar zonas donde se produzca humedad o calor. Control de vapor, insectos y humedad en espacios de almacenamiento.
Forma y volumen	Formas ligeramente alargadas. Proporción óptima 1:1,7; pero 1:3 en eje este-oeste es también aceptable.
Orientación	5° - 10° al este del sur.
Interior	Espacios interiores sombreados y ventilados. Espacios flexibles o multiusos divididos por paneles móviles o muros bajos. Ventilación este-oeste en zonas de actividad diurna. Zona de seguridad en caso de desastres naturales.

Color	Colores reflectantes, como tonos pastel.
-------	--

Elementos constructivos

Aberturas y ventanas	Ventilación cruzada este-oeste. Ventanas con pantallas de tal manera que permitan la ventilación y la protección de la radiación al mismo tiempo.
Muros	Las paredes no actúan como barreras térmicas, si no más bien como protección contra insectos sin impedir el paso del viento.
Cubiertas	Cubierta doble y ventilada como protector del sol. Impermeable, aislada y reflectante. Voladizos para proteger de la lluvia (que generalmente cae en un ángulo de 45°) y del resplandor.
Materiales	Índice de aislamiento de 35°. Materiales para paredes de poca capacidad calorífica. Prevención de los daños producidos por la humedad y otros agentes.
Elementos de protección solar	Elementos de protección solar, especialmente en fachadas este y oeste. En verano, la pared norte recibe mayor impacto de radiación que la sur.
Cimientos. Sótanos	Los sótanos son inviables debido a la humedad. Cimientos protegidos de la humedad, hongos, insectos y roedores. Los palafitos (construcción en pilotes sobre cuerpos de agua calmos) permiten ventilación adecuada en zonas de actividad diaria y crea un área protegida debajo de ella.
Equipo mecánico	Ventilación mecánica por ventiladores.

(Nota. Elaboración propia con base en Olgyay, 2002:155-177.)

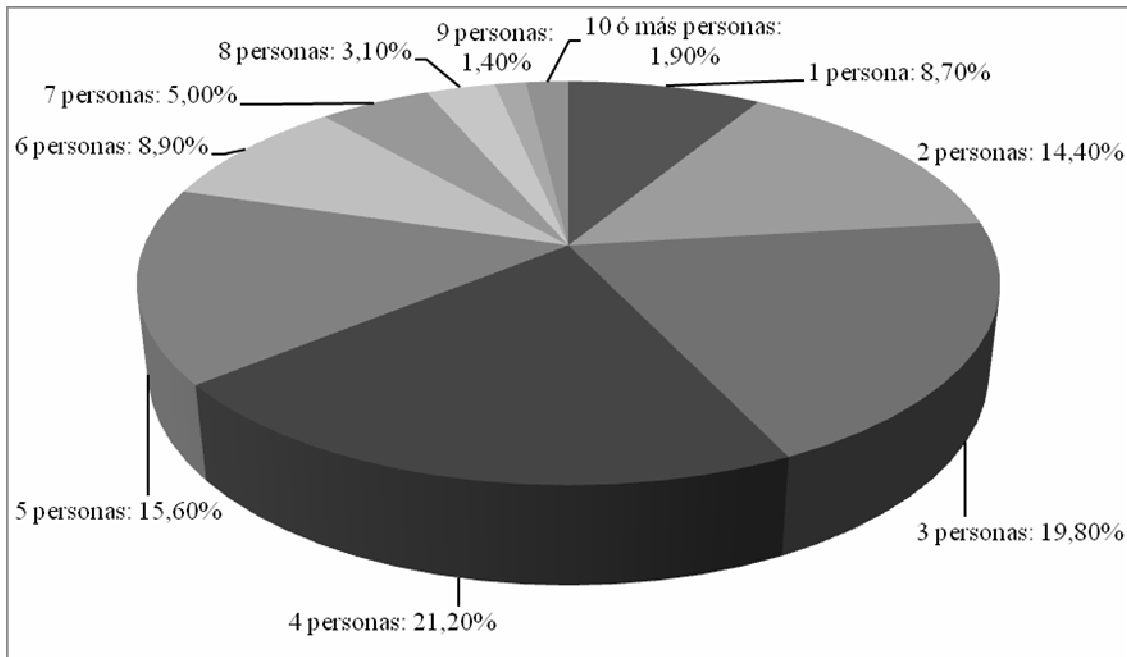
14. Análisis de características poblacionales del área urbana para definir las características de los sujetos (características generales de la familia) que podrían beneficiarse

De acuerdo con el VI Censo de Población y V de Vivienda (2007:39), a escala nacional, más del 62,7 % de la población reside en áreas urbanas. Esto indica que la mayor demanda de vivienda se encuentra en las áreas urbanas del país, y específicamente en el área metropolitana de San Salvador (municipios de San Salvador y de La Libertad), que es la que ha experimentado un mayor crecimiento y expansión en los últimos años.

En general, en el país, un promedio de 4,2 personas habitan en las viviendas ocupadas (*VI Censo de Población y V de Vivienda, 2007:78*). Los porcentajes de número de personas que ocupan las viviendas se muestran en la Figura 1.

Figura 1.

Distribución porcentual de los hogares según el número de personas en el hogar. Censo 2007



(Nota. Tomado de *VI Censo de Población y V de Vivienda, 2007:89*.)

De esta información, se plantea que la vivienda que se propondrá tendrá capacidad de albergar a un grupo familiar de tres a cuatro personas, que son los grupos familiares predominantes en las áreas urbanas a escala nacional.

15 Diseño de la vivienda

La propuesta de Max-Neef, Elizalde y Hopenhayn (1986:25), descrita en su obra *Desarrollo a escala humana, una opción para el futuro*, plantea que el desarrollo se refiere a las personas, y, como tal, el desarrollo permite elevar la calidad de vida de las personas. A su vez, la calidad de vida depende de las posibilidades que las personas tengan de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas fundamentales.

Partiendo de esto, Max-Neef, *et al.* (1986), plantean una definición del concepto de *necesidad humana* y del de *satisfactor*, así como una matriz en la que se combinan ambos conceptos. De esa manera, los autores llegan a formularse los siguientes postulados: (a) “Las necesidades humanas fundamentales son finitas, pocas y clasificables”; y (b) “Las necesidades humanas fundamentales son las mismas en todas las culturas y en todos los períodos históricos. Lo que cambia, a través del tiempo y de las culturas, es la manera o los medios utilizados para la satisfacción de las necesidades” (p. 27).

La matriz de necesidades y satisfactores de Max-Neef, *et al.* (1986:42) puede ser utilizada para múltiples aspectos y procesos de desarrollo si se aplica el análisis adecuado. En esta ocasión, será la base para el programa arquitectónico de la vivienda propuesta, ayudando a definir las condiciones y los espacios que permitan la satisfacción de las necesidades básicas de las personas que la habitan, de manera que se trate de un verdadero diseño pensando en el ser humano, permitiéndole al mismo tiempo mejorar su calidad de vida.

Tabla 21.
Matriz de necesidades y satisfactores

Necesidades según categorías existenciales	Ser	Tener	Hacer	Estar
Subsistencia	1/ Salud física, salud mental, equilibrio, solidaridad, humor, adaptabilidad	2/ Alimentación, abrigo, trabajo	3/ Alimentar, procrear, descansar, trabajar	4/ Entorno vital, entorno social

Protección	5/ Cuidado, adaptabilidad, autonomía, equilibrio, solidaridad	6/ Sistemas de seguros, ahorro, seguridad social, sistemas de salud, legislaciones, derechos, familia, trabajo	7/ Cooperar, prevenir, planificar, cuidar, curar, defender	8/ Contorno vital, contorno social, morada
Afecto	9/ Autoestima, solidaridad, respeto, tolerancia, generosidad, receptividad, pasión, voluntad, sensualidad, humor	10/ Amistades, parejas, familia, animales domésticos, plantas, jardines	11/ Hacer el amor, acariciar, expresar, emociones, compartir, cuidar, cultivar, apreciar	12/ Privacidad, intimidad, hogar, espacios de encuentro
Entendimiento	13/ Conciencia crítica, receptividad, curiosidad, asombro, disciplina, intuición, racionalidad	14/ Literatura, maestros, método, políticas educacionales, políticas comunicacionales	15/ Investigar, estudiar, experimentar, educar, analizar, meditar, interpretar	16/ Ámbitos de interacción formativa: escuelas, universidades, academias, agrupaciones, comunidades, familia
Participación	17/ Adaptabilidad, receptividad, solidaridad, disposición, convicción, entrega, respeto, pasión, humor	18/ Derechos, responsabilidades, obligaciones, atribuciones, trabajo	19/ Afiliarse, cooperar, proponer, compartir, discrepar, acatar, dialogar, acordar, opinar	20/ Ámbitos de interacción participativa: partidos, asociaciones, iglesias, comunidades, vecindarios, familias
Ocio	21/ Curiosidad, receptividad, imaginación,	22/ Juegos, espectáculos, fiestas, calma	23/ Divagar, abstraerse, soñar, añorar,	24/ Privacidad, intimidad, espacios de

	despreocupación, humor, tranquilidad, sensualidad		fantasear, evocar, relajarse, divertirse, jugar	encuentro, tiempo libre, ambientes, paisajes
Creación	25/ Pasión, voluntad, intuición, imaginación, audacia, racionalidad, autonomía, inventiva, curiosidad	26/ Habilidades, destrezas, método, trabajo	27/ Trabajar, inventar, construir, idear, componer, diseñar, interpretar	28/ Ámbitos de producción y retroalimentación: talleres, ateneos, agrupaciones, audiencias, espacios de expresión, libertad temporal
Identidad	29/ Pertenencia, coherencia, diferenciación, autoestima, asertividad	30/ Símbolos, lenguajes, hábitos, costumbres, grupos de referencia, sexualidad, valores, normas, roles, memoria histórica, trabajo	31/ Comprometerse, integrarse, confrontarse, definirse, conocerse, reconocerse, actualizarse, crecer	32/ Socio ritmos, entornos de la cotidianeidad, ámbitos de pertenencia, etapas madurativas
Libertad	33/ Autonomía, autoestima, voluntad, pasión, asertividad, apertura, determinación, audacia, rebeldía, tolerancia	34/ Igualdad de derechos	35/ Discrepar, optar, diferenciarse, arriesgar, conocerse, asumirse, desobedecer, meditar	36/ Plasticidad espacio-temporal

(Nota. Tomado de “Desarrollo a escala humana, una opción para el futuro”, de Max-Neef, *et al.* 1986:42.)

15.1 Memoria de diseño

Interpretación del problema

La concepción de *arquitectura adaptable al medio* es una búsqueda vital para la consecución de nuevas formas de habitar bajo las condicionantes ambientales que el medio natural está imponiendo a los habitantes de El Salvador, donde es común enfrentar temperaturas altas dentro de los recintos, mientras que los diseños no siempre contemplan soluciones que amortigüen los niveles de calor y creen *comfort* en el usuario.

Conceptualización del proyecto

La vivienda bioclimática y sostenible se puede considerar como una edificación con disposiciones técnicas y estéticas armoniosas con el medio ambiente, que responda físicamente a las necesidades humanas propias del habitar, y, al mismo tiempo, brinde el *comfort* térmico para desarrollarlas en el interior y genere menor dependencia de los sistemas energéticos de servicio.

Ubicación del proyecto

Al ser una fase de conceptualización arquitectónica, el terreno donde se emplazaría la vivienda bioclimática y sostenible es ficticio, siendo sus condicionantes dimensionales las necesarias para la proyección arquitectónica; mientras que las condicionantes climáticas sí coincidirían con las de El Salvador.

En cuanto a la morfología del terreno, esta se estaría considerando con pendientes de un grado intermedio por ser una constante de la morfología de los suelos de la ciudad de San Salvador.

Usuario

El destinatario del proyecto de vivienda bioclimática y sostenible sería una *familia nuclear*, compuesta por cuatro miembros: el padre, la madre y dos hijos, un índice recurrente en los datos estadísticos que arrojan los censos.

El estrato socioeconómico de nivel medio significaría la categorización hacia la que se estaría enfocando el proyecto, pues es el sector que, por lo general, alcanza a satisfacer las necesidades de este bien.

Necesidades del usuario

Otra de las importantes consideraciones con las que comienza a gestarse el diseño se refiere a identificar las necesidades del usuario, por lo tanto, se debe observar “aquello a lo cual es imposible sustraerse, faltar o resistir” (Real Academia de la Lengua Española, 2010), para idear una posible distribución espacial que solvete las necesidades emanadas del usuario.

Al momento de diseñar, se hace más imperioso aproximar el tipo de necesidades que aportan la visión de un futuro espacio.

Las necesidades domésticas de una vivienda unifamiliar, para un estrato socioeconómico medio se pueden resumir en la tabla 22:

Tabla 22.
Listado de necesidades elementales de una vivienda

Necesidades	
1.	Parquear
2.	Departir socialmente
3.	Comer
4.	Cocinar
5.	Dormir
6.	Necesidades fisiológicas
7.	Lavar / Secar
8.	Guardar
9.	Recrear

(Nota. Elaboración propia.)

Requerimientos especiales:

Por la problemática que generan las condiciones ambientales de la ciudad, el diseño deberá contemplar dos factores: temperatura y dependencia de servicios. De estos se derivan los siguientes requerimientos especiales para direccionar el diseño:

- Bajar el impacto térmico al interior de la vivienda.
- Independizar a la vivienda del régimen eléctrico convencional.
- Disminuir el consumo de agua potable del régimen hídrico convencional.

Programa arquitectónico

Al haber interpretado las necesidades que el usuario del proyecto demanda, la lógica de diseño indica que se puede proceder a deducir los espacios que necesitará la distribución interna de la vivienda.

El programa arquitectónico es una tabla que sistematiza y teoriza sobre los datos obtenidos de la información de manera teórica.

Tabla 23.

Programa arquitectónico

Listado de necesidades elementales de una vivienda	Zonas	Espacios derivados de las necesidades
1. Parquear	Social	Parqueo
2. Recrear	Social	Jardín / Patio
3. Departir socialmente	Social	Sala
4. Comer	Semiprivada	Comedor
5. Cocinar	Semiprivada	Cocina
6. Dormir	Privada	Habitación(es)
7. Necesidades fisiológicas	Privada	Baño completo
8. Lavar / Secar	Oficios	Lavadero / Tendedero
9. Guardar	Oficios	Bodega
10. Controlar servicios	Oficios	Cuarto de registro

(Nota. Elaboración propia.)

Método de diseño

Ante la diversidad de métodos que un diseño arquitectónico puede explorar, el desarrollo de la vivienda bioclimática y sostenible, por provenir de un desarrollo experimental, necesitará de un método pragmático-dinámico cuya secuencia facilita la inclusión de procedimientos que se adapten a las variaciones que la creatividad y la técnica demanden, y que, al mismo tiempo, respondan a los objetivos planteados por la investigación.

El método pragmático-dinámico posee una secuencia básica y de fácil seguimiento; está basado en cinco etapas: 1) el problema de diseño, 2) el método y la programación, 3) el diseño, 4) la optimización y 5) la documentación.

1ª. Etapa: El problema de diseño

En esta etapa se efectúa el planteamiento del problema, listado de necesidades del usuario, programa arquitectónico, el terreno y datos precedentes del proyecto. Esta etapa está abonada por una investigación preliminar que emplea fuentes genéricas sobre la temática ecológica del diseño.

2ª. Etapa: El método

Comprende la organización secuencial del proceso de diseño. Se especifica el método empleado; para el caso, el mismo método pragmático-dinámico.

La tabla 24 explica de manera breve los pormenores de su naturaleza y las incorporaciones metodológicas que se aplican al diseño:

Tabla 24.
Metodología de diseño de la vivienda

	Métodos	Descripción
1	Pragmático-dinámico	Representa la línea general para procesar el diseño de la vivienda. El método permite la incorporación de varios métodos en el momento en que sea necesario, para poder procesar algún tipo de información con el propósito de cumplir las finalidades programadas.
2	Análisis-síntesis	Es un proceso metodológico que procura cumplir los objetivos mediante el estudio de la descomposición de las partes de un todo hasta recomponerlas en el todo mismo. Este método se aplica con suma facilidad al proceso de diseño arquitectónico.
3	Síntesis-análisis	Este método significa estudiar el todo para luego descomponerlo en sus partes constitutivas. Es un proceso inverso al de análisis-síntesis.
4	Sintáctico	Es un método propiamente arquitectónico promovido por el Arq. Geoffrey Broadbent, que consiste en obtener formas arquitectónicas a través de la observancia de procesos geométricos. Este método realiza un proceso en el que el espacio se moldea a través de suma y sustracción de áreas y volúmenes.

(Nota. Elaboración propia.)

3ª. Etapa: El diseño

Representa la etapa medular del proceso. Esta posee tres actividades complementarias: desarrollo de ideas preliminares, empleo de técnicas de inspiración y racionalización del diseño, que a su vez implica: submétodos de diseño, de ser necesario. Para el caso, es idóneo emplear el análisis-síntesis, entendiéndose el análisis como la descomposición de todos los elementos que conforman el proyecto; y la síntesis, el proyecto culminado.

Criterios arquitectónicos aplicados al diseño

En el proceso de diseño se han considerado los aspectos del medio ambiente de la ciudad de San Salvador, los que han generado criterios de diseño necesarios para conceptualizar una vivienda que responda a las presiones del medio ambiente. Cabe mencionar que las soluciones visualizadas se han tratado con soluciones de tipo pasivo para aprovechar la fisonomía misma de la edificación.

La tabla 25 demuestra el proceso conceptual que se ha aplicado en la ejecución del diseño.

Tabla 25.

Proceso conceptual para la ejecución del diseño de la vivienda

No.	Condicionante	Criterio aplicado	Descripción de solución arquitectónica	Mejora ambiental por obtener
1.	1.1 Máxima exposición de la edificación al sol al extremo oeste, en las horas vespertinas.	Posición idónea de la vivienda respecto al Sol.	Establecer el eje ortogonal de la vivienda con una rotación de 45° hacia el oeste, respecto al norte.	–Reducción de temperatura extrema.
2.	2.1 Vientos alisios, con rumbo aproximado al noreste.	Posición idónea de la vivienda respecto al norte geográfico.	Diseño de paletas tipo “S” y colocadas de manera seriada, a una distancia relativamente corta para crear un canal de enfriamiento al hacer pasar con mayor rapidez el aire por el sifón simulado.	–Enfriamiento de la vivienda, aprovechando la corriente marina proveniente del sur.
	2.2 Brisas mar-tierra, con			

		rumbo aproximado hacia el norte.		
3.	3.1	Nivel de <i>confort</i> del ser humano en las condiciones calurosas del trópico es de 26,7 °C.	Exceder la altura mínima convencional del techo, que se aplica en las edificaciones habitacionales de 2,40 m	Generación de una doble altura del techo sobre las áreas de uso común, como la sala y el comedor, donde hay mayor aglomeración de personas en una vivienda. –Reducción de temperatura extrema.
4	4.1	Topografía quebrada del suelo de la ciudad de San Salvador.	Adaptación de la edificación a la topografía del terreno.	Diseñar la edificación con una parte semienterrada, que sirva para la distribución de los espacios internos y, a la vez, para proteger del calor. –Reducción de temperatura extrema.

(Nota. Elaboración propia.)

Tecnología aplicada al diseño

Los aspectos que no se pueden resolver de manera pasiva, necesitan auxiliarse del componente tecnológico para superar las necesidades o problemáticas que se susciten en el proceso de diseño. La tabla 26 presenta los sistemas tecnológicos que se han incorporado al diseño de la vivienda bioclimática y sostenible.

Tabla 26.***Sistemas tecnológicos incorporados en el diseño de la vivienda***

No.	Sistema aplicado	Recurso	Descripción	Mejora ambiental por obtener
1.	Sistema de enfriamiento pasivo.	Celosía en paletas tipo sifón	Diseño de paletas tipo “S” y colocadas de manera seriada, a una distancia relativamente corta para crear un canal de enfriamiento al hacer pasar con mayor rapidez el aire por el sifón simulado.	–Reducción de temperatura extrema. –Aprovechamiento del régimen de vientos.
2.	Sistema de enfriamiento pasivo.	Losa verde	Losa de cubierta de la edificación elaborada con materiales impermeables que permiten colocar tierra y engramado para desarrollar un jardín colgante.	–Reducción de temperatura extrema.
3.	Sistema de reducción del asoleamiento.	Aleros metálicos	Colocación de una pantalla metálica adosada a la fachada de la edificación donde existe más vidrio para evitar que los rayos solares ingresen directamente al recinto.	–Reducción impacto solar.
4.	Sistema de alimentación eléctrica.	Celdas fotovoltaicas	Tecnología para la captación de energía del Sol, que se colocaría en el techo de la vivienda. Al mismo tiempo que este aparato dota de electricidad, evita y/o reduce el consumo de la red domiciliar habitual.	–Ahorro del consumo energético.
5.	Sistema de captación de aguas lluvias.	Red de captación y cisterna	Tuberías que ayudan a almacenar el agua en una cisterna, de la que se puede reutilizar el agua en tareas que no necesiten calidad potable.	–Ahorro del consumo hídrico.

(Nota. Elaboración propia.)

4ª. Etapa: La optimización

Esta parte del proceso busca equilibrar la función y la forma, y que necesita sobre todas las partes del método continuos procesos de retroalimentación hasta encontrar la solución más acorde a satisfacer todas las necesidades planteadas por el usuario.

Esta etapa requiere de una variación de métodos que se incorporan estratégicamente para cumplir con el diseño. Los métodos previstos en un inicio funcionaron para lograr la volumetría final: la síntesis.

En la tabla 27 se explica cómo los métodos que se incorporaron bajo la línea general del método pragmático-dinámico se fueron concatenando para generar el producto final:

Tabla 27.

Proceso conceptual para la ejecución del diseño de la vivienda

Métodos	Funcionamiento del método	Aplicación del método en la optimización del diseño
Análisis-síntesis	Descomposición de las partes de un todo hasta recomponerlas en el todo mismo.	El lenguaje 2D se contrasta con el 3D. Las plantas arquitectónicas y las fachadas, que constituyen las partes del diseño total, se contrastan continuamente con las opciones volumétricas que se diseñan hasta aproximar la forma considerada ideal.
Síntesis-análisis	Estudiar el todo para luego descomponerlo en sus partes constitutivas.	El lenguaje 3D se contrasta con el 2D. Las formas volumétricas que se crean se contrastan con las planimetrías diseñadas para lograr su armonización al equilibrar función y forma.
Sintáctico	Obtiene formas arquitectónicas a través de la observancia de procesos geométricos.	Los ejes estructurales de la edificación y las formas de los espacios se consideran basadas en formas geoméricamente ortogonales para lograr su mayor aprovechamiento espacial. En su versión volumétrica, se procura mantener el sistema ortogonal, y principalmente se siguen manejando las formas cuadrangulares para dar continuidad con el planteamiento bidimensional de los planos, y se procura matizar con el principio de equilibrio de pesos para balancear el diseño.

(Nota. Elaboración propia.)

5ª. Etapa: La documentación

Representa la parte final del proceso. En ella se realizan aquellos documentos que justificarán y explicarán técnicamente el proyecto. Para el caso, la vivienda bioclimática y sostenible.

Los documentos más emblemáticos por presentar son:

- *La memoria de diseño*; es el documento escrito y gráfico que expone los pormenores racionales que ha implicado el proceso de diseño, el que se está desarrollando ante el lector.
- *La planimetría*; constituida por una serie de planos que emiten información gráfica del proyecto, tendiente a establecer dimensiones y especificaciones técnicas. Es común anexas este tipo de documentos a la memoria de diseño.
- *Las presentaciones arquitectónicas*; son dibujos bidimensionales que, desde puntos de vista estratégicos, proporcionan una visión anticipada de la forma final del proyecto. Por lo general se utilizan con un buen resultado representativo las denominadas: *perspectivas*.
- *La maqueta*, es un medio representativo físico o virtual, con el cual se comprende por excelencia la volumetría, por su alta capacidad de expresión tridimensional.

Plantas de distribución

El prototipo de la vivienda conseguido mediante el proceso de diseño produjo una planta de distribución racionalizada geoméricamente de forma rectangular, que posee un área aproximada de 80,93 m².

Esta forma tiende a ser una expresión que ayuda a maximizar el espacio, permitiendo que las funciones y la circulación se distribuyan limpiamente.

Se considera que, vivencialmente, el usuario tiende a ubicarse rápidamente en este tipo de distribución, por lo que el espacio se vuelve “amigable”. Psicológicamente representa una ventaja.

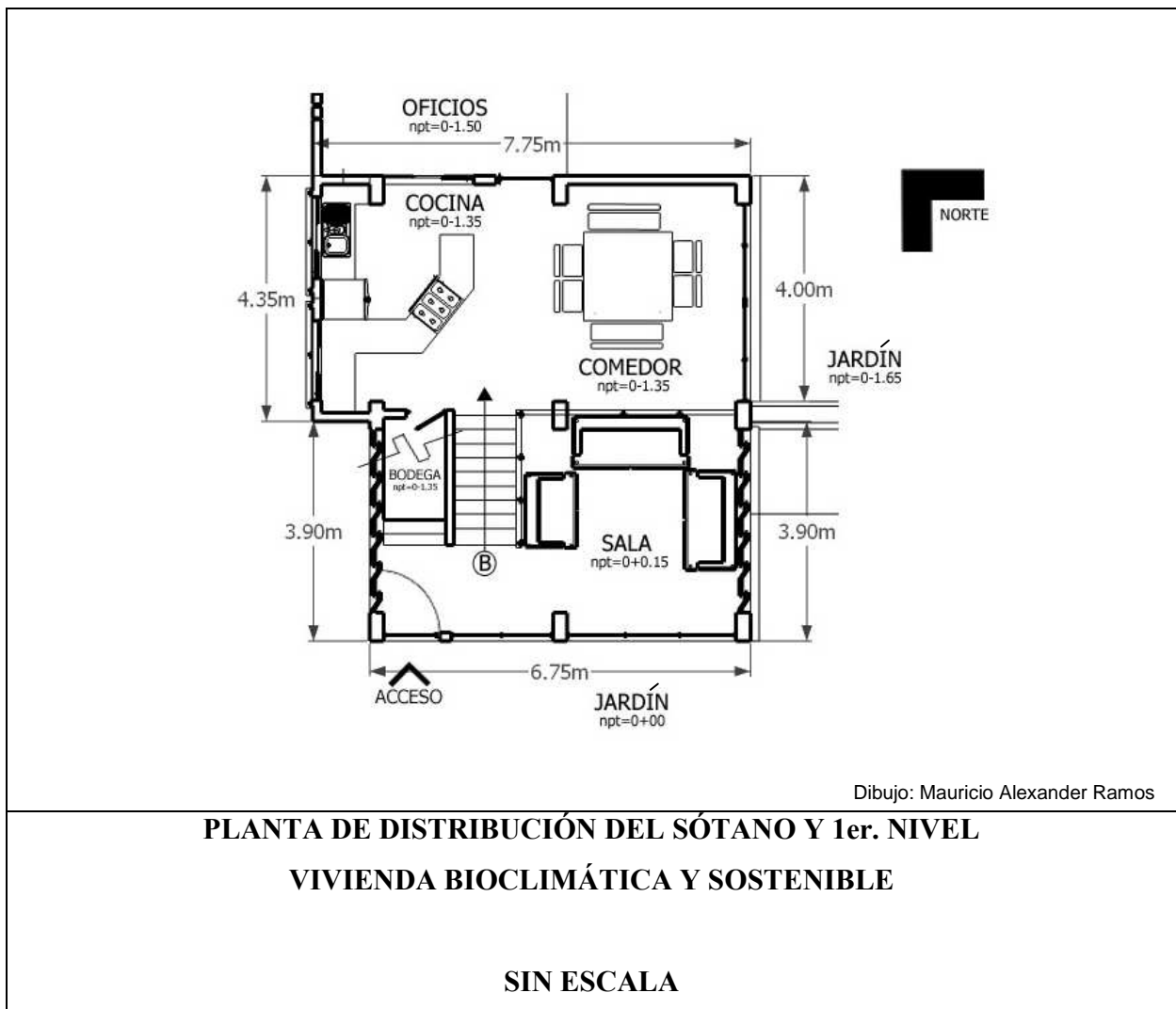
La distribución espacial necesitó desarrollar diferentes alturas para separar las actividades, lo que se corrobora al observar las leyendas de los niveles en los planos. Se utilizó un medio nivel para dotar al diseño del principio de *transparencia*, que significa volver el espacio controlable por alcanzar a visualizarse en casi su totalidad.

Los planos realizados se generaron para el sótano y para la primera y la segunda plantas, pero es de hacer notar que, por practicidad, el sótano y la primera planta se manejarán como uno solo y el segundo nivel se observará aparte.

Desde el primer nivel puede observarse que la disposición ortogonal de las columnas acentúa la estructura de la edificación de manera compacta, lo que es deseable, puesto que la zona de El Salvador es altamente sísmica. El área tributaria del marco estructural es de 14 m².

Figura 2.

Planimetría del proyecto. Primer nivel y sótano

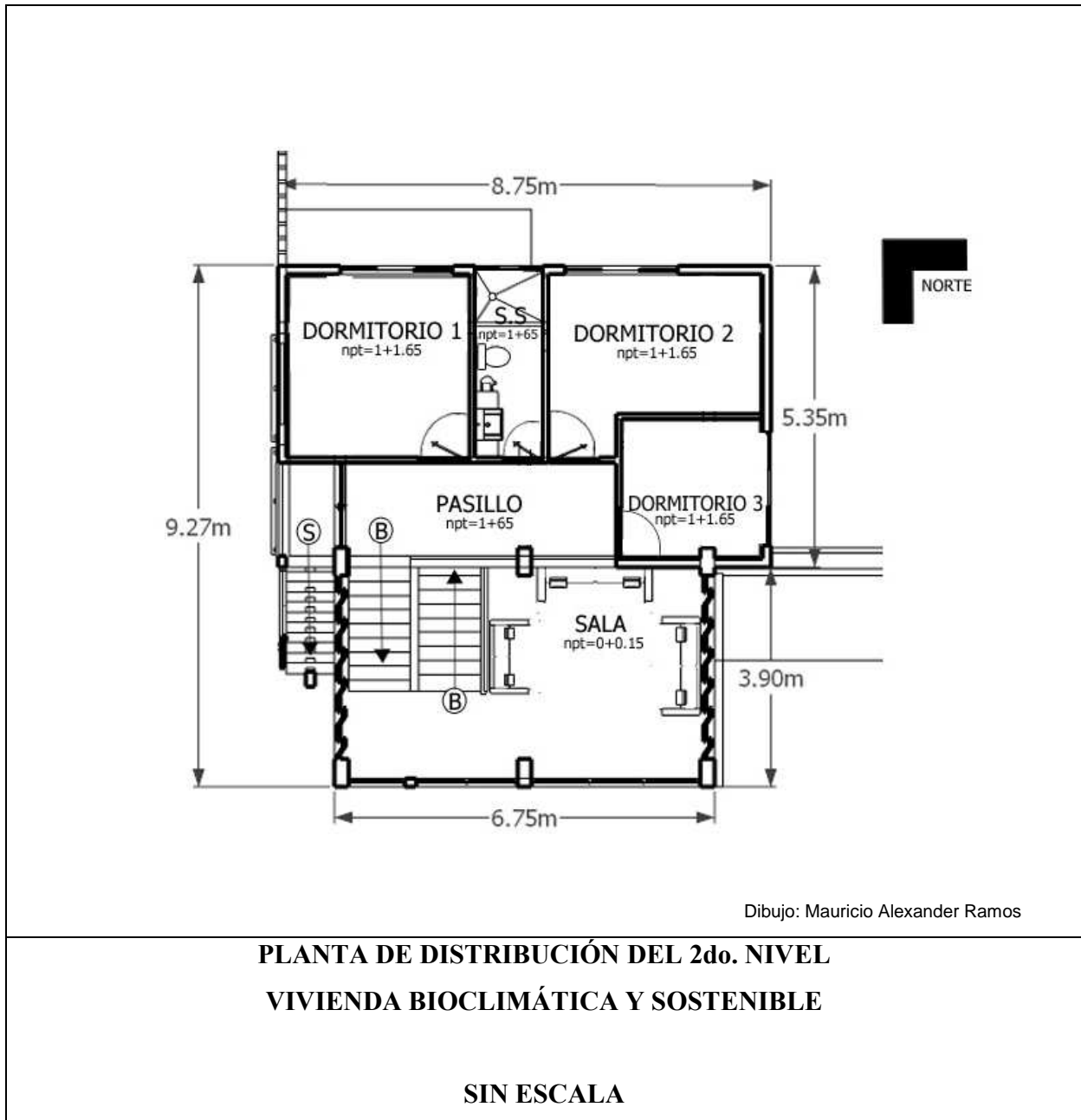


(Nota. Elaboración propia.)

En la planta del segundo nivel, el entrepiso se ha previsto ser diseñado con un sustrato de acero para piso corrugado con acabado de losa de concreto (Allen, 2002), que tiene la ventaja de brindar ligereza a la estructura y su construcción se realiza en un tiempo relativamente corto.

Figura 3.

Planimetría del proyecto. Segundo nivel



(Nota. Elaboración propia.)

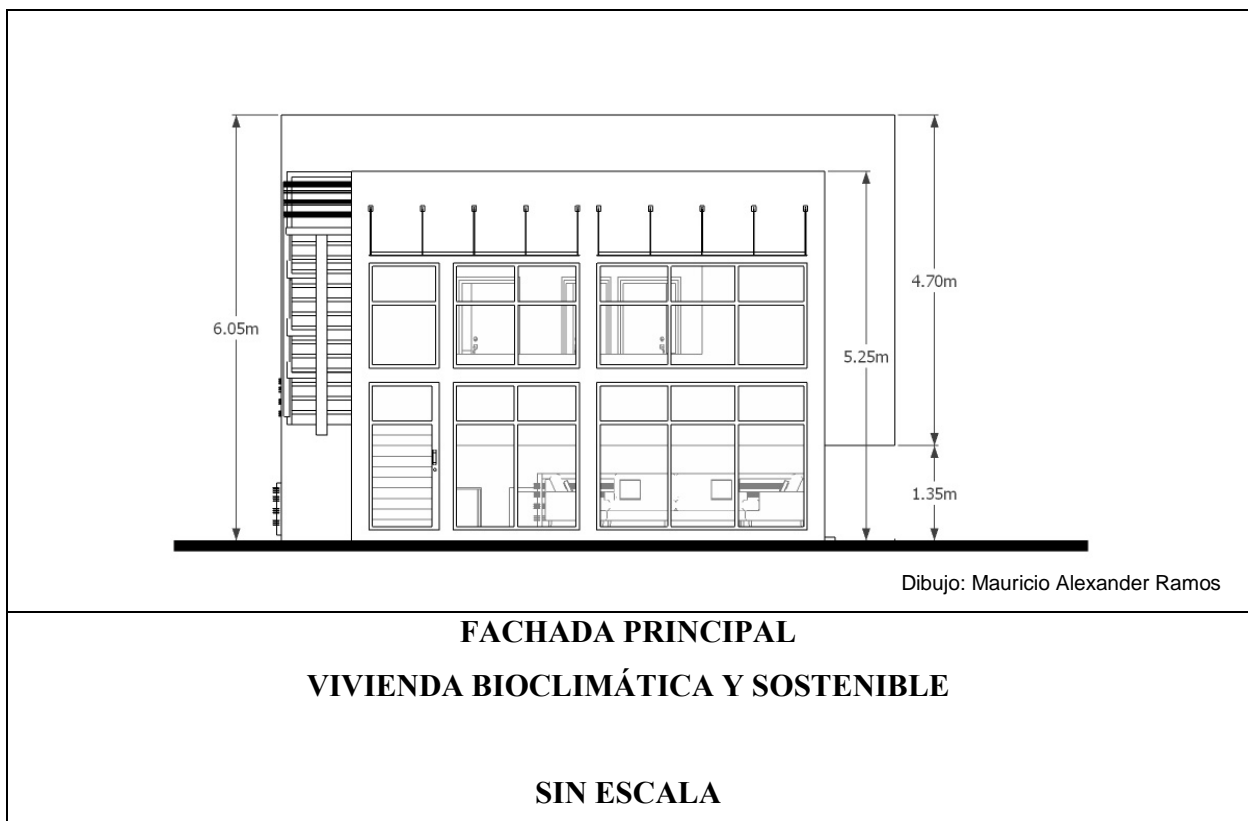
Fachadas

Las fachadas muestran cuatro facetas en alzado, que representan la forma final de la edificación. En ellas se pueden verificar las alturas alcanzadas por el diseño, teniendo como altura máxima 6,05 m en el extremo poniente; mientras que en el oriental, por la diferencia de nivel que poseen el terreno de emplazamiento, presenta 7,55 m.

Los vanos de las ventanas se han dispuesto siguiendo la regularidad producto del planteamiento ortogonal y cuadrangular practicado en la planta, y su colocación se ha efectuado en sentido nororiente para evitar un fuerte asoleamiento, que desfavorecería el *confort* del usuario.

Figura 4.

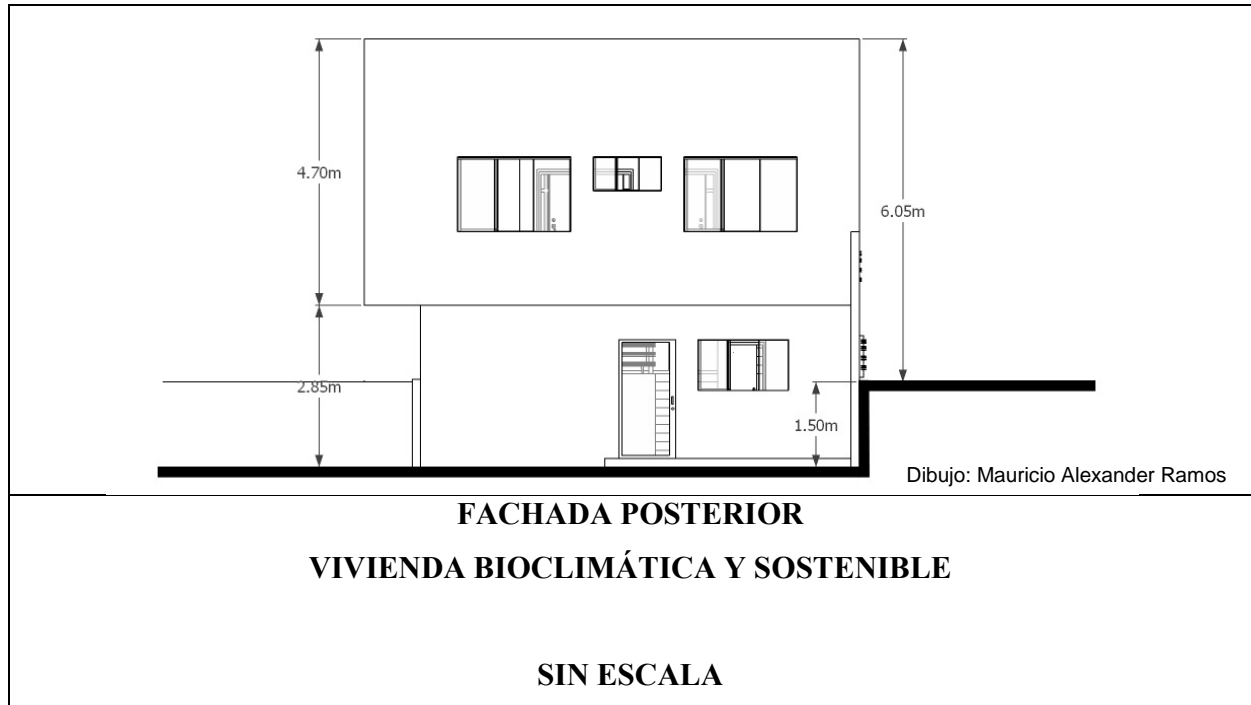
Fachada principal



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 5.

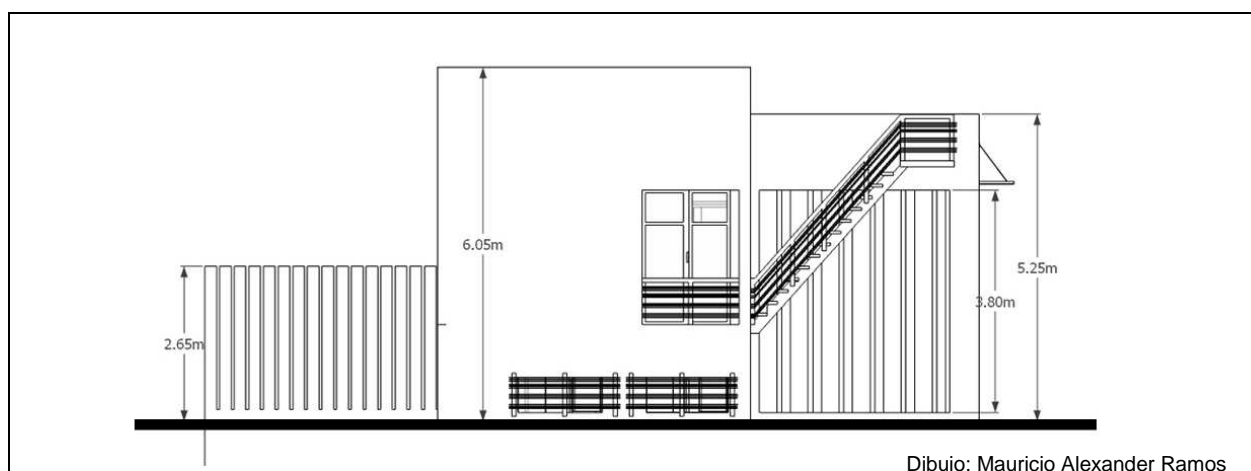
Fachada posterior



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 6.

Fachada lateral izquierda



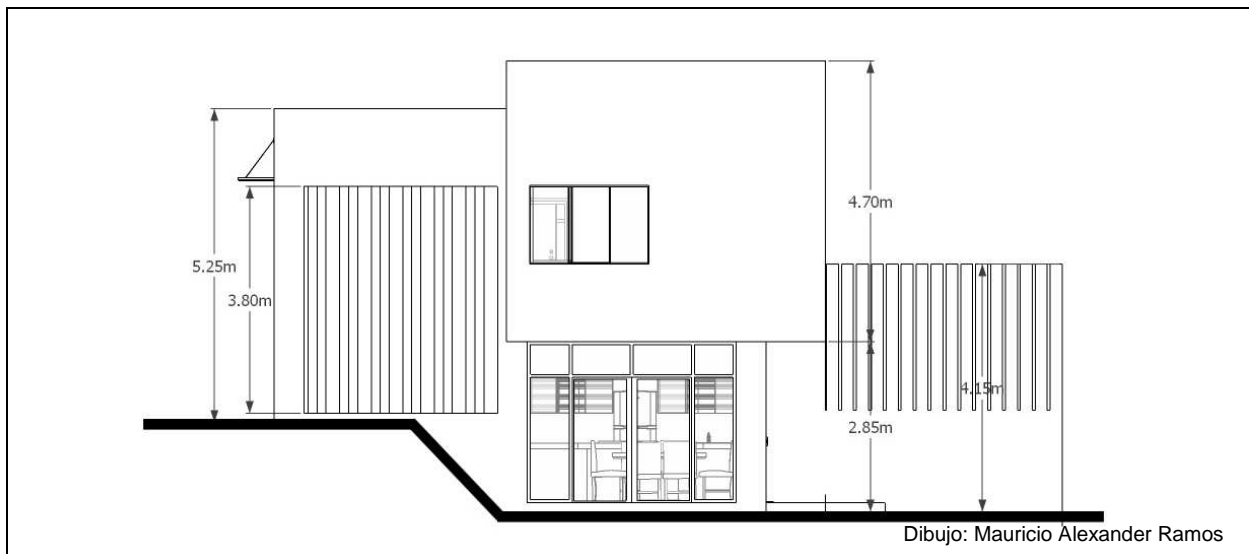
FACHADA LATERAL IZQUIERDA
VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE

SIN ESCALA

(Nota. Elaboración propia.)

Figura 7.

Fachada lateral derecha



FACHADA LATERAL DERECHA
VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE

SIN ESCALA

(Nota. Elaboración propia.)

. Presentaciones arquitectónicas del proyecto

Figura 8.

Perspectiva aérea No. 1



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 9.

Perspectiva aérea No. 2



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 10.

Perspectiva aérea No. 3



PERSPECTIVA AÉREA No.3
VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE

(Nota. Elaboración propia.)

Figura 11.

Perspectiva aérea No. 4



PERSPECTIVA AÉREA No.4
VIVIENDA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE

(Nota. Elaboración propia.)

Cabe hacer la siguiente advertencia: para documentos de tipo escrito, la opción de presentación de maqueta es la electrónica, pero su expresión bidimensional coincide exactamente con la de las perspectivas; por lo tanto, resulta ser un equivalente en el ámbito documental.

La volumetría representa la síntesis de un diseño, y es el componente de mayor connotación para el usuario y el observador de la obra arquitectónica, pues esta conforma el marco físico en el que se desarrollarán las funciones y se desarrolla el espacio interno.

El diseño de la casa bioclimática y sostenible es logrado a través del proceso de investigación de las condicionantes del lugar de emplazamiento y la identificación de las opciones sobre tecnología aplicada.

El volumen se desarrolla como una composición de tipo monumental, debida a los fuertes macizos que el conjunto presenta.

El estilo se ha manejado con un corte internacional que muestra un aprovechamiento de diversas fuentes conceptuales. Las líneas limpias, los colores fríos, como el blanco, combinados con una textura reflejan la incorporación de un concepto minimalista, donde la idea “menos es más” se sensibiliza, por su acentuada sobriedad.

La colocación de vanos, como el pequeño balcón en la fachada lateral izquierda, rompe con la homogeneidad del macizo y provoca una transición interesante a la escalera que dirige hacia la losa verde, que puede ser aprovechada para el montaje de un huerto hidropónico.

El tipo de estructuración y los detalles en acero y aluminio acercan a la corriente denominada “Alta Tecnología”, que solventa problemáticas como claros grandes con estructuras de dimensionamientos relativamente pequeños.

El muro cortina en la fachada principal genera una comunicación con el jardín, y acrecienta la transparencia de la edificación. Algo similar sucede con la fachada lateral derecha en la zona del comedor, que posee amplios ventanales que cumplen con una función similar.

El uso del vidrio es otro de los recursos empleados para balancear las formas a través de la composición de texturas en las facetas de los volúmenes de la vivienda.

La bioclimatización y sostenibilidad de una vivienda es posible, pero depende de la inclusión de ciertos recursos que no son habituales en el ámbito constructivo del país. 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 diseños.

El diseño bioclimático y sostenible implica un cambio de mentalidad, pues es un compromiso con la manutención de una calidad de vida comprometida con el medio ambiente de las generaciones futuras.

16. Método general

Partiendo del marco teórico, donde se plantean los conceptos y criterios necesarios para el diseño de una vivienda con características de bioclimatización y sostenibilidad, se procedió a proponer el diseño de una vivienda que cumpliera con dichos criterios. Cabe mencionar que el marco teórico incluye además una aproximación teórica de los aspectos tratados previamente al contexto nacional.

Para ampliar la información de los aspectos climáticos del país se recurrió a distintas fuentes bibliográficas, así como a contactos en el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (Snet), quienes proporcionaron dos valiosos documentos en versión electrónica: una tesis de maestría, titulada *Régimen de lluvia y caudales en El Salvador, su relación con la variabilidad climática (forzantes oceánicos-atmosféricos) para la construcción de mapas de amenazas por déficit o exceso de lluvias* y una investigación conjunta del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) y el mismo Snet para el proyecto regional llamado “Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar” (SWERA, por sus siglas en inglés). Esta última investigación se titula *Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador*, y, como su nombre lo indica, se convierte en una herramienta importante al momento de decidir el tipo de tecnología que se propondrá en el diseño de la vivienda.

Producto del marco teórico planteado y descrito anteriormente, surge una propuesta de diseño de una vivienda unifamiliar, que integra algunos criterios y elementos de diseño tanto bioclimático como sostenible. La vivienda está planteada para el área urbana, con usuarios de estrato social medio.

El método utilizado para la propuesta de diseño es el pragmático-dinámico, que está conformado por las siguientes etapas: 1) el problema de diseño, 2) el método y la programación, 3) el diseño, 4) la optimización y 5) la documentación. Los pormenores de este método y sus etapas se describieron con anterioridad en la sección anterior, bajo el apartado “Memoria de diseño”. Producto de este proceso son las representaciones gráficas en planta, fachadas y perspectivas del diseño propuesto.

Es necesario comprobar si esta propuesta es funcional y cumple con los propósitos u objetivos establecidos en la presente investigación, por lo que se recurrió a hacer una serie de pruebas que se describirán más adelante.

16.1 Objeto de Estudio

El objeto de estudio consistió en un modelo de vivienda que fue concebido con las siguientes características:

16.2 Criterios de diseño.

1. Ubicación con respecto al sol: eje ortogonal de la vivienda con una rotación de 45° hacia el oeste, respecto al norte para reducir las temperaturas extremas.
2. Ubicación con respecto al norte geográfico: diseño de paletas tipo “S”, colocadas de manera seriada, a una distancia relativamente corta para crear un canal de enfriamiento al hacer pasar con mayor rapidez el aire por el sifón simulado, aprovechando de esta forma las corrientes de viento que afectan a la vivienda.
3. Nivel de confort térmico: doble altura del techo sobre las áreas de uso común, como la sala y el comedor, donde hay mayor aglomeración de personas en una vivienda, permitiendo mayor movimiento de aire, lo que a su vez contribuye a reducir la temperatura extrema.
4. Topografía quebrada del suelo de la ciudad de San Salvador: edificación diseñada con una parte semienterrada, que sirve para la distribución de los espacios internos y a la vez, para proteger pasivamente del calor.

16.3 Sistemas tecnológicos aplicados al diseño.

1. Sistema de enfriamiento pasivo. Celosía en paletas tipo sifón: diseño de paletas tipo “S” y colocadas de manera seriada, a una distancia relativamente corta para crear un canal de enfriamiento.
2. Sistema de enfriamiento pasivo. Losa verde: losa de cubierta elaborada con materiales impermeables que permiten colocar tierra y engramado para desarrollar un jardín colgante.
3. Sistema de reducción del asoleamiento. Aleros metálicos: pantalla metálica adosada a la fachada de la edificación donde existe más vidrio, para evitar que los rayos solares ingresen directamente al recinto.
4. Sistema de alimentación eléctrica. Celdas fotovoltaicas: tecnología para la captación de energía solar que se colocaría en el techo de la vivienda, para evitar y/o reducir el consumo de la red domiciliar habitual.

5. Sistema de captación de aguas lluvias. Red de captación y cisterna: tuberías que ayudan a almacenar el agua en una cisterna, de la cual se puede reutilizar el agua en tareas que no necesiten calidad potable.

17. Procedimiento general

Para esta etapa de la investigación, se realizaron tres diferentes tipos de experimentos, con la finalidad de identificar, en primer lugar, las temperaturas y aspectos del confort térmico en distintas zonas del área metropolitana de San Salvador, y en segundo lugar, si el diseño de la vivienda era funcional y cumple con los criterios establecidos anteriormente.

Para ello, se utilizaron distintas herramientas e instrumentos de naturaleza tanto tecnológica como simulación de ambientes –virtuales y reales–, que serán descritos con mayor detalle cuando se trate cada de uno de los experimentos.

La información o datos se recolectaron por medio de tablas y fotografías –según el tipo de experimento– y se presentan en este documento de investigación, de manera que el lector pueda observar el avance de las pruebas realizadas en el modelo planteado.

18. Experimento 1

Este experimento consistió en la recolección de datos de temperatura en distintos sectores del área metropolitana de San Salvador: colonia Buenos Aires, colonia Escalón y los Planes de Renderos. Los sitios se seleccionaron por conveniencia de los investigadores que forman parte del equipo, debido a que las mediciones debían ser en el mismo lugar, por una semana, a distintas horas del día.

Por motivos de conveniencia, se realizaron dos tipos de mediciones: durante la semana del 25 al 31 de octubre de 2010 a las 22:00 hrs, y el día 31 de octubre de 2010 a partir de las 6:00 hrs hasta las 24:00 hrs a intervalos de 2 a 4 horas, según las variaciones de temperatura fueran más perceptibles.

Con este experimento se planteaba ver la diferencia entre las temperaturas internas y externas de una edificación, así como el porcentaje de humedad presente en el ambiente, con la intención de sentar un precedente para la siguiente etapa de la investigación, donde se planea

identificar los materiales ideales para el contexto salvadoreño al tratarse de viviendas bioclimáticas y sostenibles.

18.1 Instrumentos

Se utilizaron tres termómetros digitales –uno en cada sitio seleccionado– que proporcionan datos de temperaturas máximas y mínimas cada 24 horas, tanto del interior como del exterior de las edificaciones donde se localicen. Asimismo proporcionan el dato de la temperatura –interna y externa del edificio– en tiempo real.

Los datos recolectados fueron organizados en tablas, para poder sacar un promedio simple que permitiera visualizar las diferencias y similitudes de temperatura entre cada una de las ubicaciones seleccionadas.

Es necesario aclarar que las mediciones fueron hechas por personas distintas en un horario en el que se supuso que cada una de ellas tendría acceso al termómetro. Debido a esto, no se descartan errores o fallas de cualquier índole en la medición, toma de datos y transcripción al formato.

18.2 Resultados

Tabla 28.

Medición realizada en la colonia Buenos Aires, en la semana del 25 al 31 de octubre de 2010. Temperaturas máximas y mínimas a las 22:00 hrs

Días	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
Lunes	20,1 °C	18,0 °C	26,2 °C	25,6 °C	60%
Martes	21,2 °C	20,9 °C	29,6 °C	25,9 °C	66%
Miércoles	23,2 °C	22,2 °C	26,5 °C	26,0 °C	70%
Jueves	23,9 °C	18,0 °C	23,9 °C	23,6 °C	69%
Viernes	20,4 °C	22,4 °C	26,2 °C	25,0 °C	66%
Sábado	21,9 °C	19,4 °C	29,2 °C	24,6 °C	72%
Domingo	21,5 °C	18,3 °C	27,8 °C	26,1 °C	69%
Promedio	21,75 °C	19,88 °C	27,06 °C	25,25 °C	67,42%

(Nota. La tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda de la colonia Buenos Aires en San Salvador. Las temperaturas fueron tomadas a la misma hora, durante una semana continua, para visualizar las variaciones. Elaboración propia.)

Tabla 29.

Medición realizada en la colonia Buenos Aires, a lo largo del día, el domingo 31 de octubre de 2010

Domingo	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
06:00	20,3 °C	18,1 °C	22,7 °C	23,1 °C	70%
10:00	20,1 °C	18,2 °C	25,1 °C	27,4 °C	72%
12:00	26,0 °C	21,5 °C	26,3 °C	28,2 °C	71%
15:00	24,2 °C	19,7 °C	26,0 °C	28,0 °C	61%
18:00	21,2 °C	19,3 °C	28,1 °C	26,0 °C	66%
21:00	20,9 °C	17,2 °C	28,2 °C	28,7 °C	71%
24:00:00	18,5 °C	22,6 °C	28,0 °C	27,7 °C	76%

(Nota. Esta tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda de la colonia Buenos Aires en San Salvador. La toma de temperaturas fue hecha en diferentes horas de un mismo día, para así poder realizar una evaluación más acertada sobre las variaciones de la temperatura en un día promedio. Elaboración propia.)

Tabla 30.

*Medición realizada en los Planes de Renderos, en la semana del 25 al 31 de octubre de 2010.
Temperaturas máximas y mínimas a las 22:00 hrs*

Días	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
Lunes	23,4 °C	20,0 °C	26,0 °C	25,5 °C	78%
Martes	23,3 °C	21,3 °C	25,3 °C	24,3 °C	77%
Miércoles	24,8 °C	22,3 °C	27,8 °C	26,7 °C	55%
Jueves	22,9 °C	18,3 °C	26,4 °C	24,2 °C	70%
Viernes	22,1 °C	17,5 °C	25,6 °C	24,2 °C	72%
Sábado	17,3 °C	14,2 °C	28,4 °C	27,2 °C	76%
Domingo	23,2 °C	19,7 °C	27,1 °C	26,3 °C	54%
Promedio	22,42 °C	19,04 °C	26,65 °C	25,49°C	68,85%

(Nota. Esta tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda, en el sector de los Planes de Renderos, San Salvador. Las temperaturas fueron tomadas a la misma hora, durante una semana continua, para visualizar las variaciones. Elaboración propia.)

Tabla 31.

Medición realizada en los Planes de Renderos, a lo largo del día, el domingo 31 de octubre de 2010

Domingo	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
06:00	21,2 °C	19,1 °C	27,6 °C	25,7 °C	55%
10:00	21,2 °C	19,1 °C	27,6 °C	25,7 °C	55%
12:00	27,8 °C	25,9 °C	28,1 °C	26,3 °C	52%

15:00	27,8 °C	25,9 °C	28,1 °C	26,3 °C	52%
18:00	25,4 °C	22,9 °C	28,1 °C	26,3 °C	52%
21:00	23,2 °C	19,7 °C	28,1 °C	26,3 °C	54%
24:00:00	20,4 °C	16,1 °C	28,1 °C	26,3 °C	61%

(Nota. Esta tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda en el sector de los Planes de Renderos, San Salvador. La toma de temperaturas fue hecha en diferentes horas de un mismo día, para así poder realizar una evaluación más acertada sobre las variaciones de la temperatura en un día promedio. Elaboración propia.)

Tabla 32.

Medición realizada en la colonia Escalón, en la semana del 25 al 31 de octubre de 2010.

Temperaturas máximas y mínimas a las 22:00 hrs

Días	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
Lunes	22,3 °C	19,8 °C	24,2 °C	25,6 °C	84%
Martes	22,5 °C	20,9 °C	23,6 °C	23,0 °C	81%
Miércoles	23,3 °C	22,2 °C	23,3 °C	24,4 °C	85%
Jueves	23,0 °C	18,0 °C	22,9 °C	23,6 °C	81%
Viernes	23,4 °C	22,4 °C	24,2 °C	25,0 °C	66%
Sábado	21,9 °C	19,4 °C	22,2 °C	24,6 °C	82%
Domingo	21,5 °C	18,3 °C	23,1 °C	24,1 °C	69%
Promedio	22,56 °C	20,14 °C	23,57 °C	24,32 °C	78,28%

(Nota. Esta tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda de la colonia Escalón en San Salvador. Las temperaturas fueron tomadas la misma hora, durante una semana continua, para visualizar las variaciones.)

Tabla 33.

Medición realizada en la colonia Escalón, a lo largo del día, el domingo 31 de octubre de 2010

Domingo	Temp. mínima		Temp. Máxima		Porcentaje de humedad
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
06:00	21,5 °C	20,3 °C	23,7 °C	24,9 °C	60%
10:00	20,1 °C	17,2 °C	25,1 °C	27,4 °C	64%
12:00	20,1 °C	17,2 °C	28,2 °C	28,7 °C	52%
15:00	20,1 °C	17,2 °C	27,6 °C	25,7 °C	53%
18:00	25,9 °C	20,8 °C	27,7 °C	28,0 °C	64%
21:00	24,2 °C	19,7 °C	20,0 °C	28,0 °C	61%
24:00:00	18,5 °C	22,6 °C	28,0 °C	27,7 °C	66%

(Nota. Esta tabla refleja la toma de temperaturas mínimas y máximas dentro y fuera de una vivienda en de la colonia Escalón en San Salvador. La toma de temperaturas, fue hecha en diferentes horas de un mismo día, para así poder realizar una evaluación más acertada sobre las variaciones de la temperatura en un día promedio.)

18.3 Discusión

De los datos obtenidos para este experimento, se concluye que las temperaturas tanto al interior como al exterior de las edificaciones son distintas debido a las propiedades aislantes de los materiales con las que están construidas. Sin embargo, no puede afirmarse con seguridad cuál de las dos es más alta, si la interior o la exterior, debido a que los datos entre cada una de las mediciones varían. Esto puede deberse a la acumulación y refracción de calor del mismo material a la hora en la que fueron hechas las mediciones.

Otro factor que afecta las mediciones es el microclima de la habitación en la que se colocó el termómetro, ya que este depende de su ubicación en la vivienda, la cantidad de aire que circula dentro de ella, así como la ubicación de la vivienda en sí, entre otros. El porcentaje de humedad en el ambiente depende de estos factores, pero en general puede concluirse que los porcentajes de humedad más altos se obtuvieron en las colonias Buenos Aires y Escalón, así como las temperaturas promedio más altas. Esto puede deberse a su cercanía con el centro urbano, donde la vegetación es más escasa que en los Planes de Renderos y se concentran mayores actividades urbanas durante el día.

Es necesario realizar este tipo de mediciones por un período de tiempo más prolongado, de manera que sea posible visualizar los distintos resultados e identificar el patrón natural del fenómeno.

Cabe mencionar que durante la semana en que se realizaron las mediciones hubo muchas variaciones climatológicas, desde precipitaciones pluviales hasta vientos, pues las mediciones se llevaron a cabo durante el período de la transición de la estación lluviosa a la seca. Esto puede significar que las mediciones ilustren casos muy específicos de ciertas circunstancias climáticas y no necesariamente un patrón que vaya a repetirse con seguridad durante un período de tiempo. Sin embargo, el pequeño ejercicio permitió una visualización general de cómo afectan la temperatura interna de una edificación aspectos tales como ubicación geográfica, materiales de construcción de la edificación y condiciones topográficas del terreno específico, entre otros.

19. Experimento 2

La finalidad del experimento 2 fue proveer una visualización de cómo la trayectoria del Sol afectaría al diseño de vivienda propuesto. Este experimento se llevó a cabo en una modalidad virtual debido a que la realización de este experimento en forma física requería de recursos con los que, por la naturaleza de la investigación, era difícil contar: a) a pesar de que sí se contaba con los recursos económicos suficientes para la construcción de una maqueta o modelo a escala del diseño propuesto que pudiera ser colocado a la intemperie, no se contaba con el sitio donde hacerlo; b) el tiempo y la estructura de la investigación no hubieran permitido entregar un resultado en este punto de la investigación, ya que para la realización del diseño fue necesario tener definido el marco teórico, y el proceso de diseño posterior requirió de otra cantidad de tiempo, por lo que se hizo difícil contar con un período de un año para la realización de las pruebas.

La simulación virtual permitió recrear las condiciones de asoleamiento y proyecciones de luz y sombra en el diseño propuesto, específicamente en las fechas de los solsticios y los equinoccios del año de 2010: equinoccio de 20 de marzo, solsticio de 21 de junio, equinoccio de 23 de septiembre y solsticio de 21 de diciembre. Se seleccionaron estas fechas porque es en ellas donde se da lugar a los cambios más importantes en el ángulo y posición del Sol con respecto al planeta a lo largo del año. Estas fechas definen las estaciones y la cantidad de horas de sol que se reciben durante el día.

Las mediciones se realizaron para las 6:00 hrs hasta las 18:00 hrs, que es cuando, en estas latitudes, usualmente el Sol se va ocultando.

19.1 Instrumentos

Tomando como base las representaciones gráficas ya elaboradas del diseño propuesto, se utilizó el programa Google Sketchup Pro 8, con su herramienta específica de creación de escenas y estudio de sombras, donde se colocaron los datos de ubicación de la región (latitud y longitud), la zona horaria y las horas en las que se deseaba visualizar un resultado.

19.2 Resultados

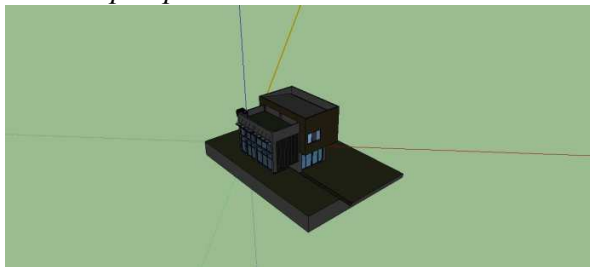
Los resultados se presentan en una visualización, tanto en perspectiva como en planta, de manera que es posible observar mejor el comportamiento y las proyecciones de las sombras a lo largo del día en el modelo virtual.

Tabla 34.

Proyección de sombras en el diseño propuesto para el día 20 de marzo de 2010 (equinoccio)

Figura 12.

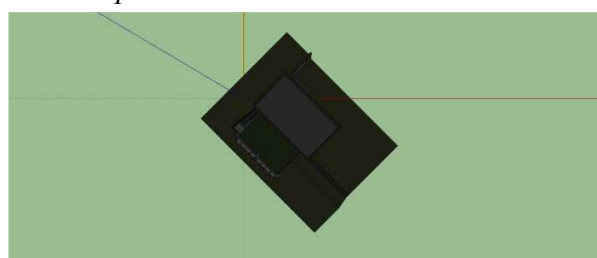
Vista en perspectiva del modelo a las 6:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 13.

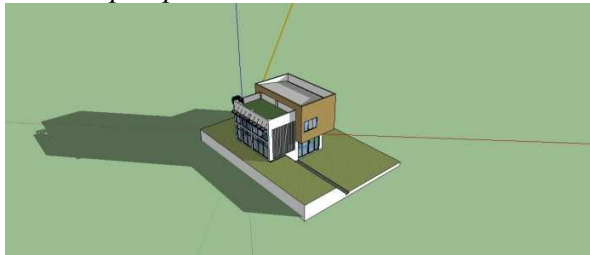
Vista en planta del modelo a las 6:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 14.

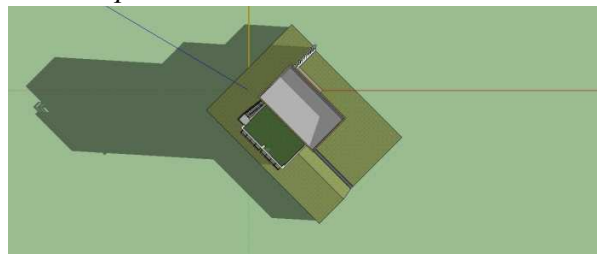
Vista en perspectiva del modelo a las 7:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 15.

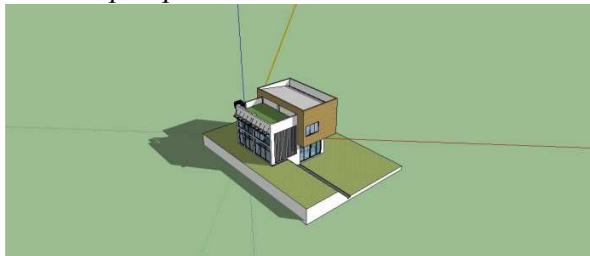
Vista en planta del modelo a las 7:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 16.

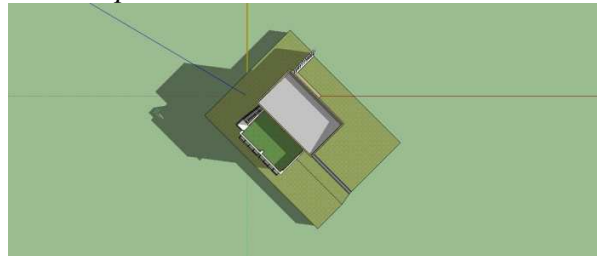
Vista en perspectiva del modelo a las 8:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 17.

Vista en planta del modelo a las 8:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 18.

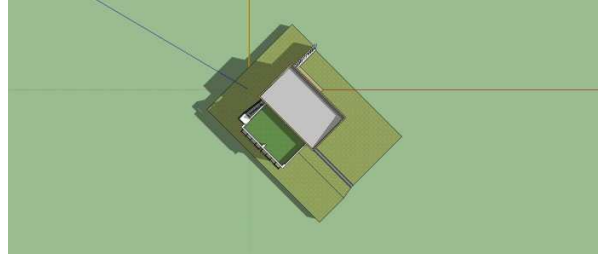
Figura 19.

Vista en perspectiva del modelo a las 9:00 hrs



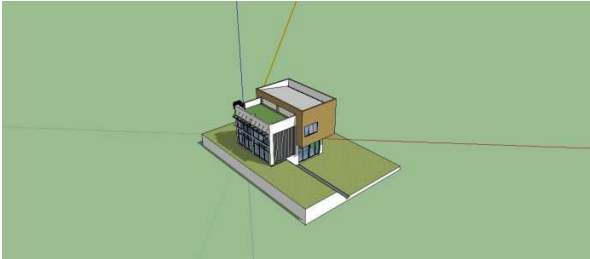
(Nota. Elaboración propia.)

Vista en planta del modelo a las 9:00 hrs



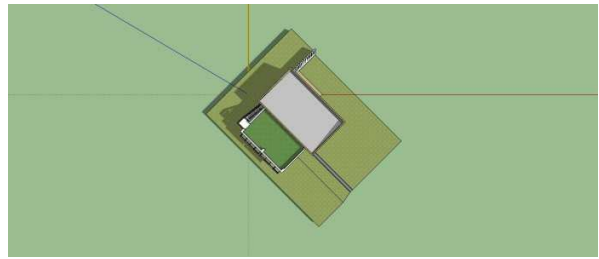
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 20.
Vista en perspectiva del modelo a las 10:00 hrs



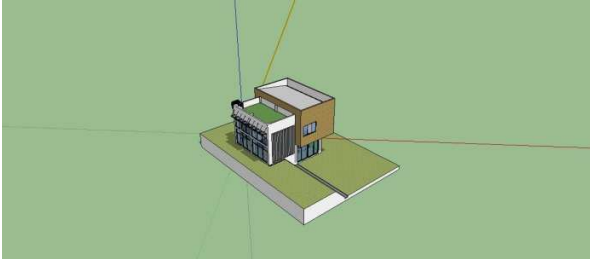
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 21.
Vista en planta del modelo a las 10:00 hrs



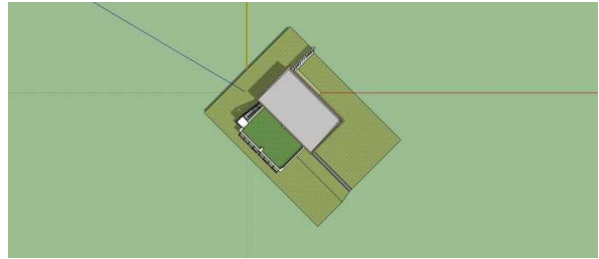
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 22.
Vista en perspectiva del modelo a las 11:00 hrs



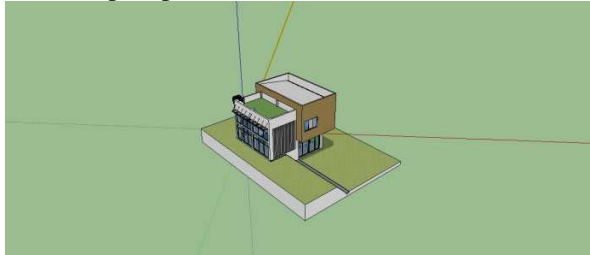
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 23.
Vista en planta del modelo a las 11:00 hrs



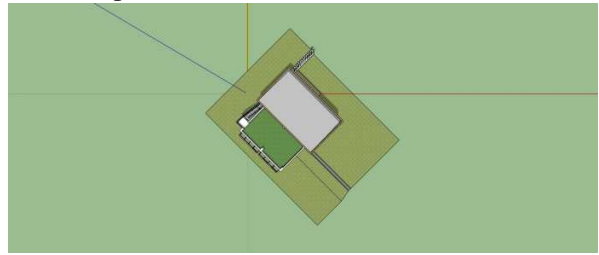
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 24.
Vista en perspectiva del modelo a las 12:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 25.
Vista en planta del modelo a las 12:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 26.

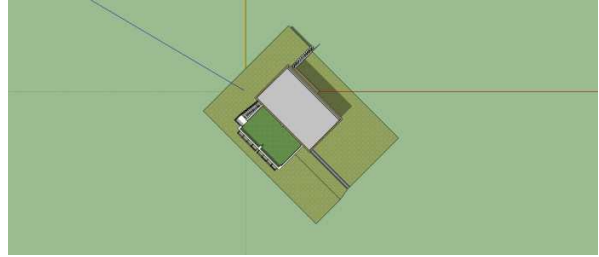
Figura 27.

Vista en perspectiva del modelo a las 13:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

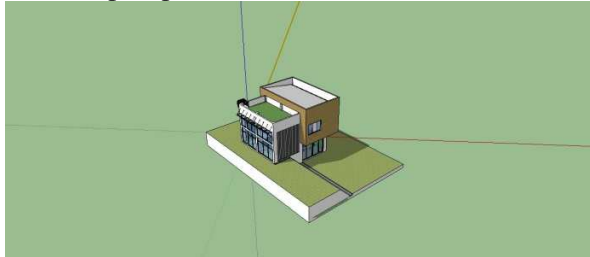
Vista en planta del modelo a las 13:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 28.

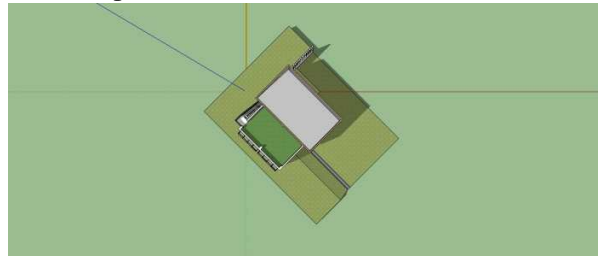
Vista en perspectiva del modelo a las 14:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 29.

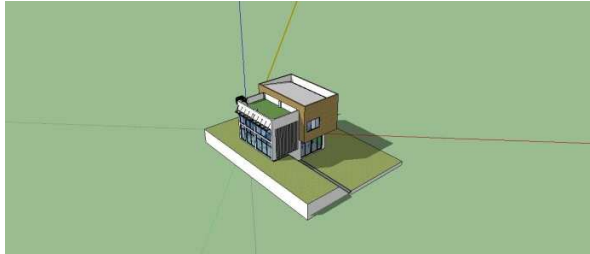
Vista en planta del modelo a las 14:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 30.

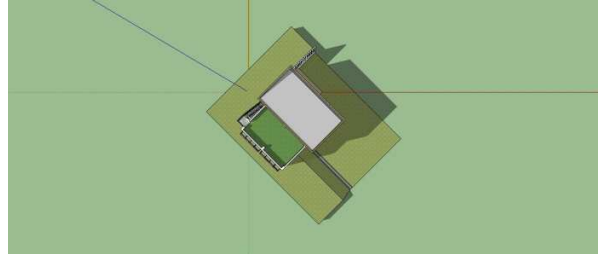
Vista en perspectiva del modelo a las 15:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 31.

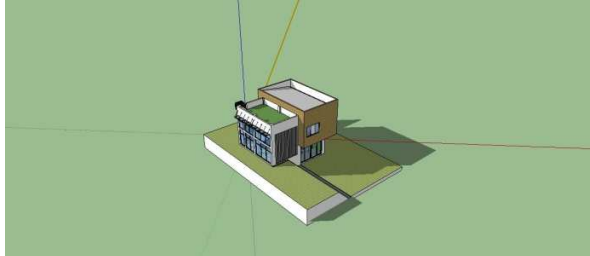
Vista en planta del modelo a las 15:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 32.

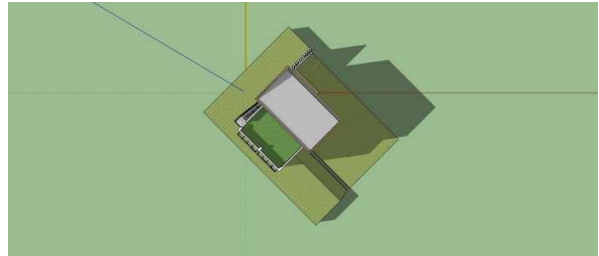
Vista en perspectiva del modelo a las 16:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

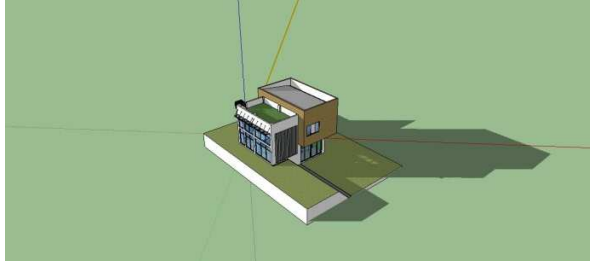
Figura 33.

Vista en planta del modelo a las 16:00 hrs



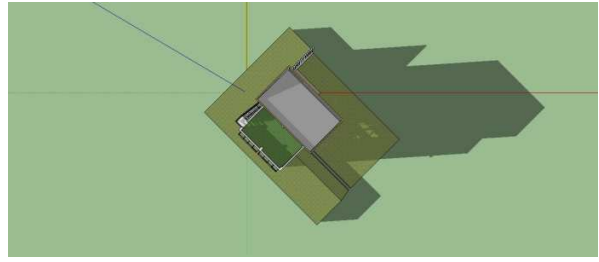
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 34.
Vista en perspectiva del modelo a las 17:00 hrs



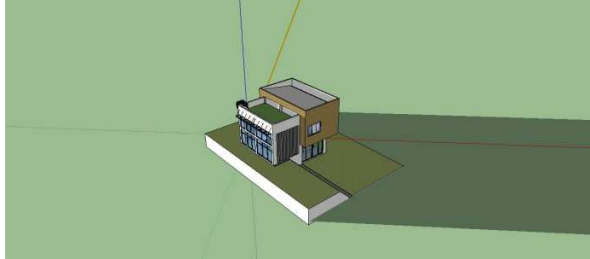
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 35.
Vista en planta del modelo a las 17:00 hrs



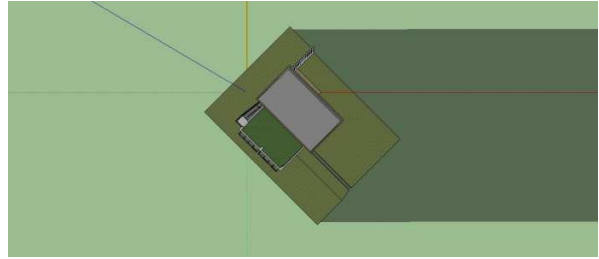
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 36.
Vista en perspectiva del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 37.
Vista en planta del modelo a las 18:00 hrs



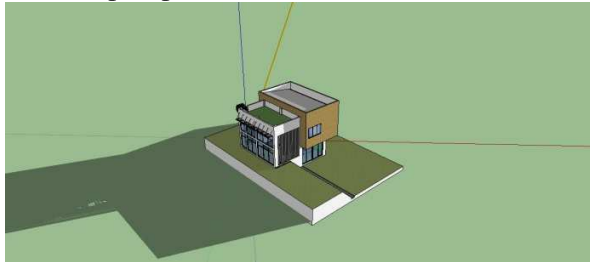
(Nota. Elaboración propia.)

(Nota. Durante el equinoccio del mes de marzo, el sol aún no ha salido a las 6:00 hrs, por lo tanto las sombras comienzan a proyectarse después de esa hora. Elaboración propia.)

Tabla 35.

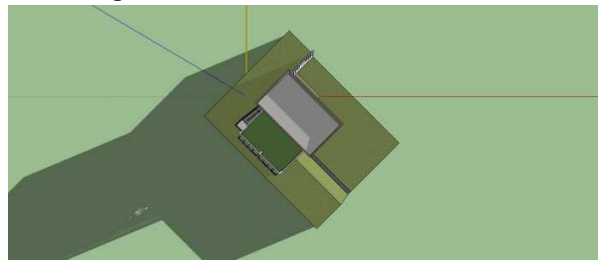
Proyección de sombras en el diseño propuesto para el día 21 de junio de 2010 (solsticio)

Figura 38.
Vista en perspectiva del modelo a las 6:00 hrs



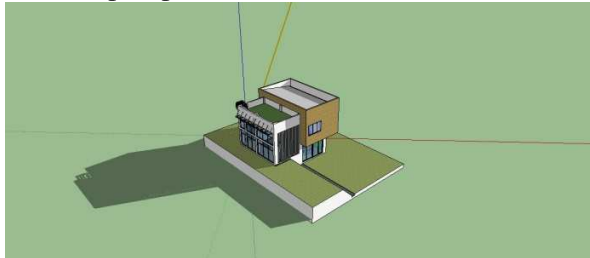
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 39.
Vista en planta del modelo a las 6:00 hrs



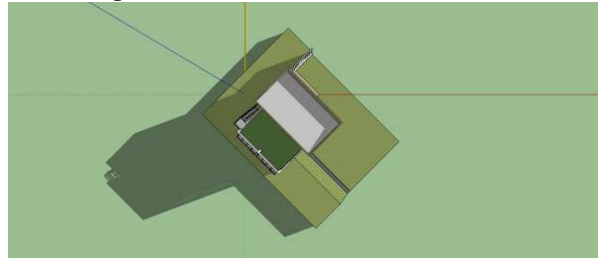
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 40.
Vista en perspectiva del modelo a las 7:00 hrs



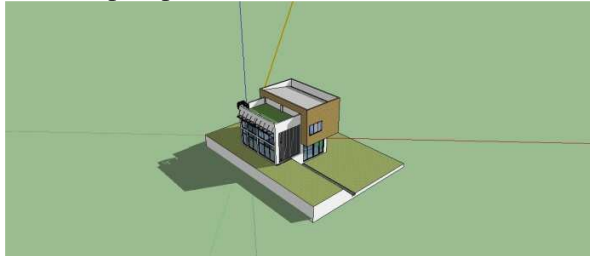
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 41.
Vista en planta del modelo a las 7:00 hrs



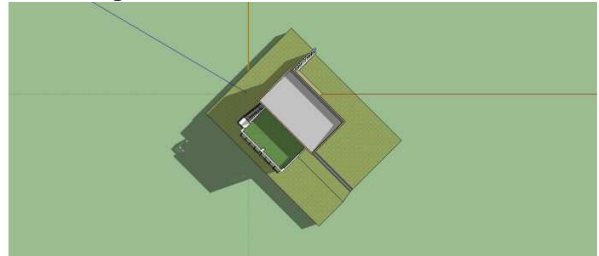
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 42.
Vista en perspectiva del modelo a las 8:00 hrs



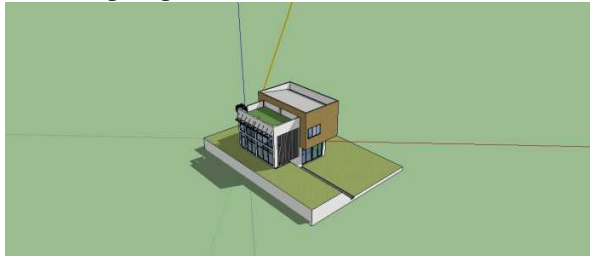
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 43.
Vista en planta del modelo a las 8:00 hrs



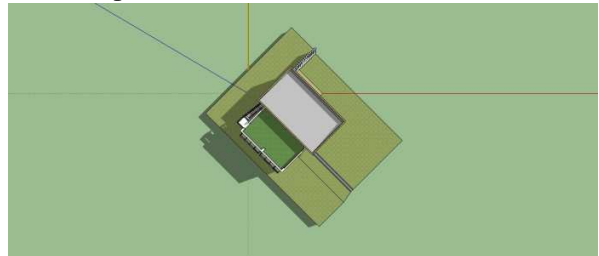
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 44.
Vista en perspectiva del modelo a las 9:00 hrs



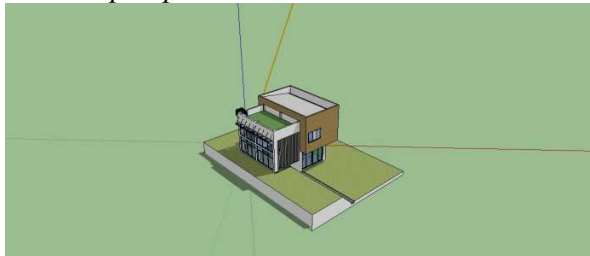
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 45.
Vista en planta del modelo a las 9:00 hrs



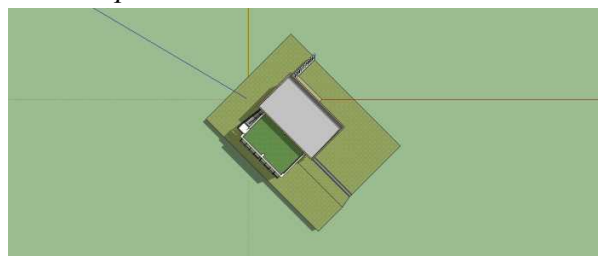
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 46.
Vista en perspectiva del modelo a las 10:00 hrs



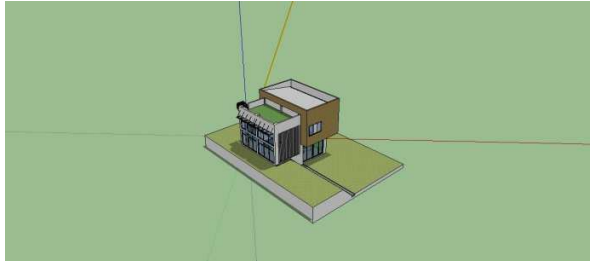
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 47.
Vista en planta del modelo a las 10:00 hrs



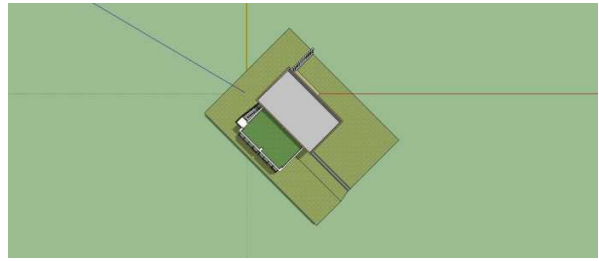
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 48.
Vista en perspectiva del modelo a las 11:00 hrs



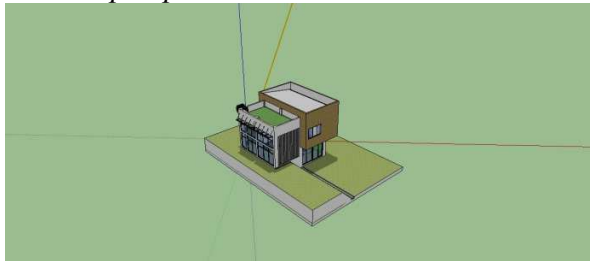
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 49.
Vista en planta del modelo a las 11:00 hrs



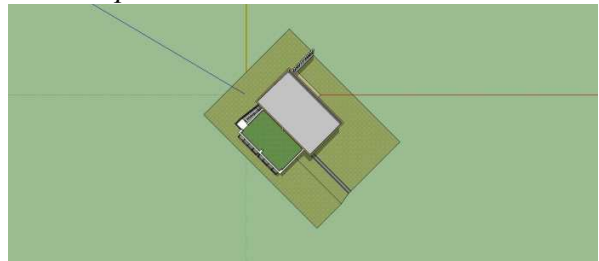
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 50.
Vista en perspectiva del modelo a las 12:00 hrs



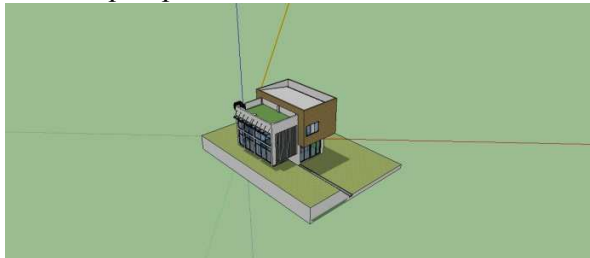
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 51.
Vista en planta del modelo a las 12:00 hrs



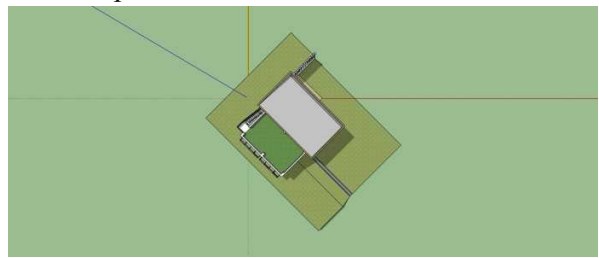
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 52.
Vista en perspectiva del modelo a las 13:00 hrs



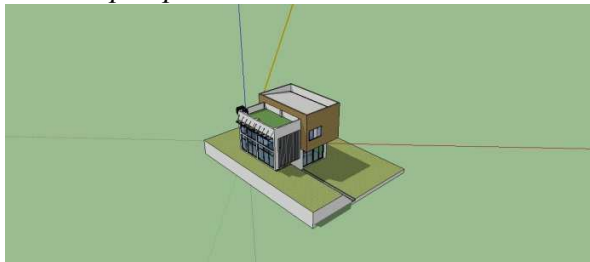
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 53.
Vista en planta del modelo a las 13:00 hrs



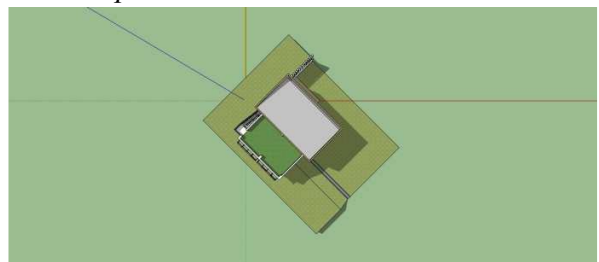
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 54.
Vista en perspectiva del modelo a las 14:00 hrs



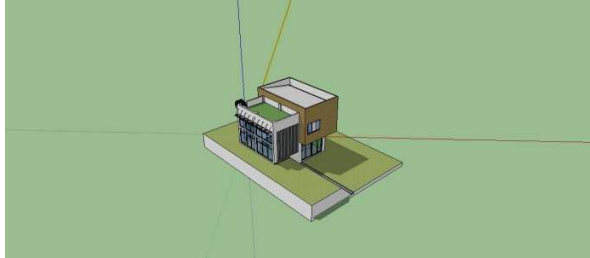
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 55.
Vista en planta del modelo a las 14:00 hrs



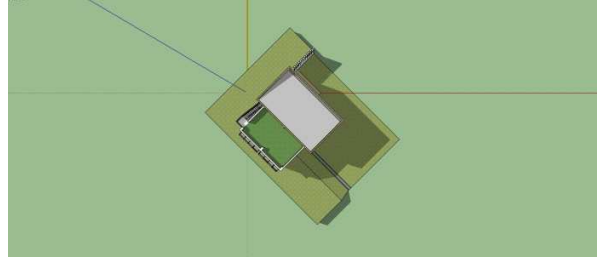
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 56.
Vista en perspectiva del modelo a las 15:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 57.
Vista en planta del modelo a las 15:00 hrs



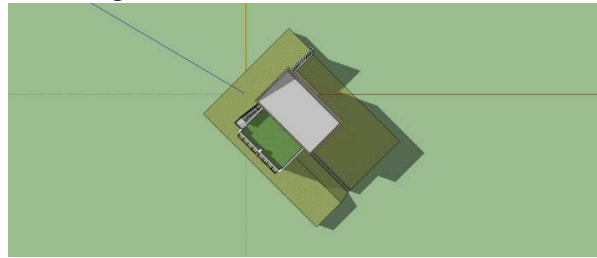
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 58.
Vista en perspectiva del modelo a las 16:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 59.
Vista en planta del modelo a las 16:00 hrs



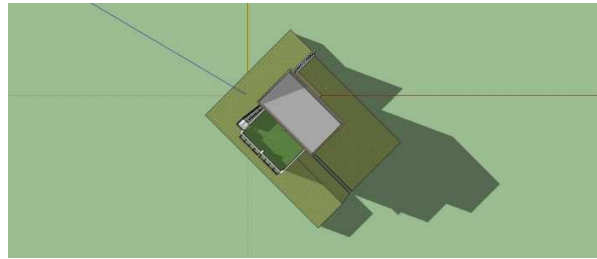
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 60.
Vista en perspectiva del modelo a las 17:00 hrs



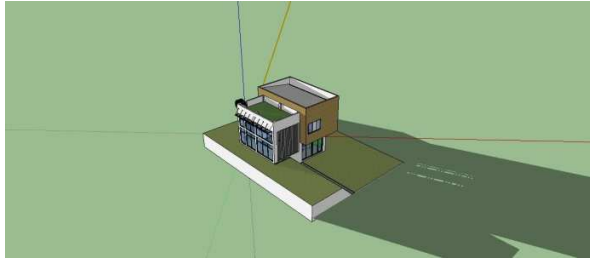
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 61.
Vista en planta del modelo a las 17:00 hrs



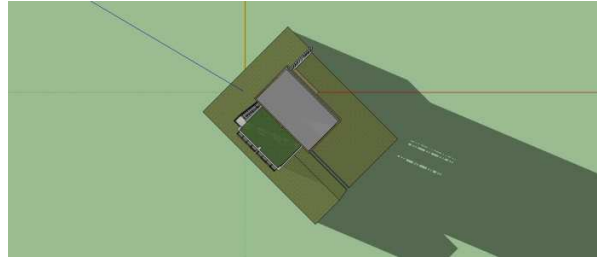
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 62.
Vista en perspectiva del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 63.
Vista en planta del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

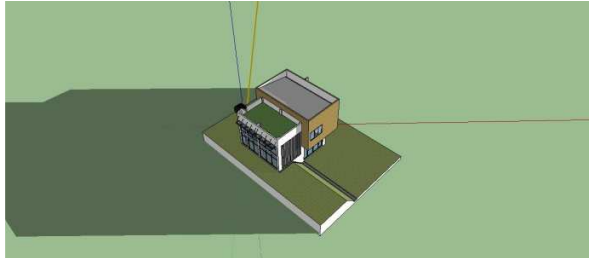
(Nota. Durante el solsticio del mes de junio, los días son “más largos”, pues se recibe luz solar y se proyectan sombras desde las 6:00 hrs a las 18:00 hrs. Elaboración propia.)

Tabla 36.

Proyección de sombras en el diseño propuesto para el día 23 de septiembre de 2010 (equinoccio)

Figura 64.

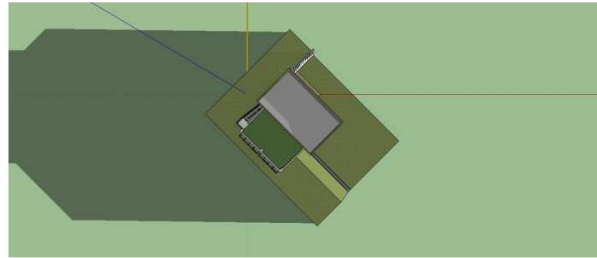
Vista en perspectiva del modelo a las 6:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 65.

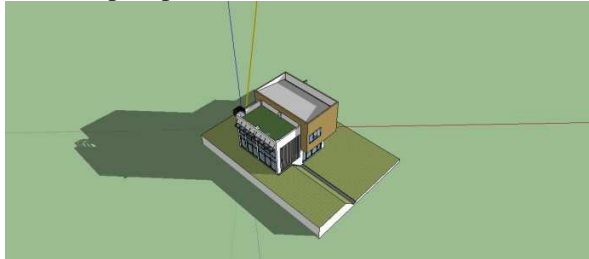
Vista en planta del modelo a las 6:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 66.

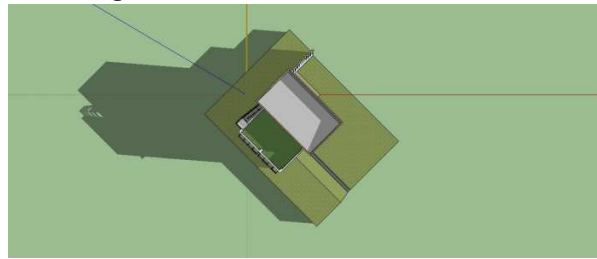
Vista en perspectiva del modelo a las 7:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 67.

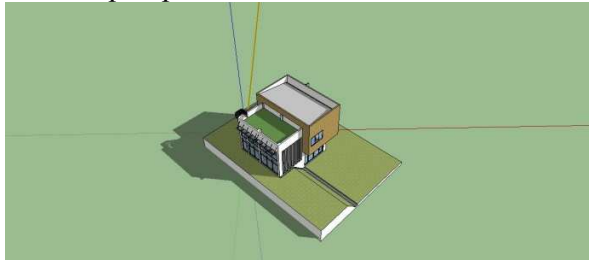
Vista en planta del modelo a las 7:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 68.

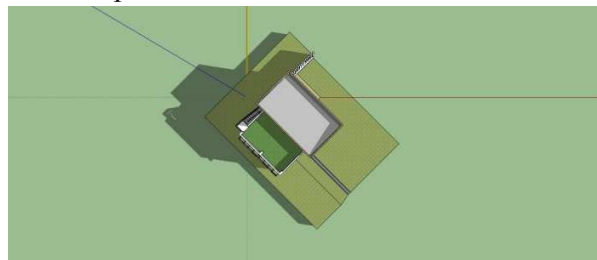
Vista en perspectiva del modelo a las 8:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

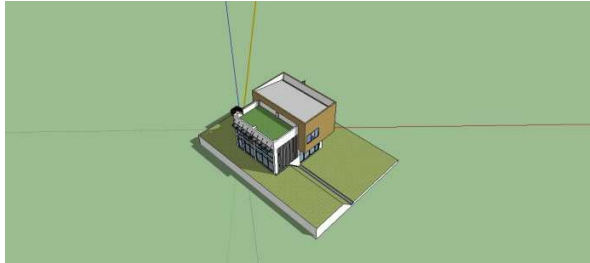
Figura 69.

Vista en planta del modelo a las 8:00 hrs



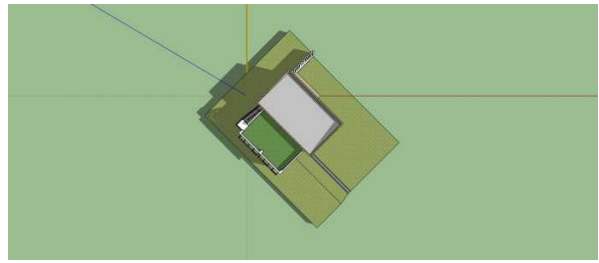
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 70.
Vista en perspectiva del modelo a las 9:00 hrs



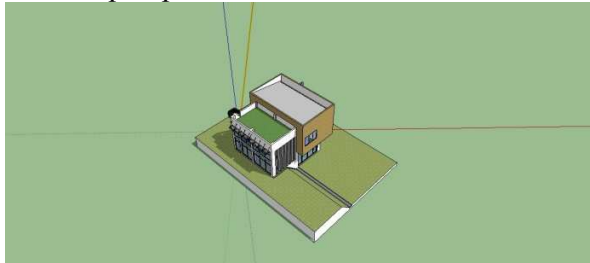
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 71.
Vista en planta del modelo a las 9:00 hrs



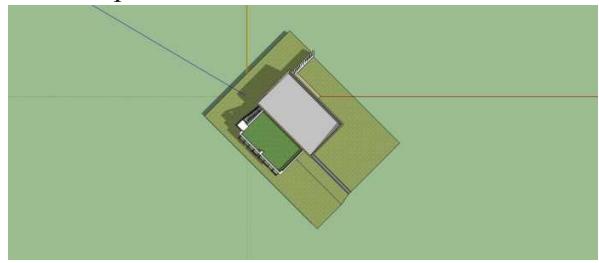
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 72.
Vista en perspectiva del modelo a las 10:00 hrs



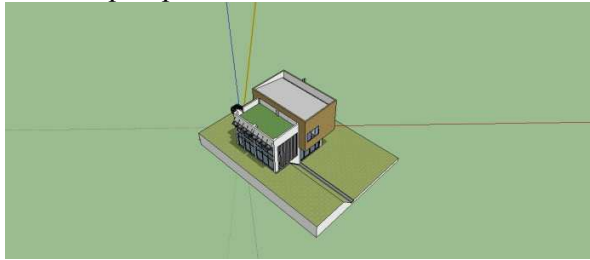
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 73.
Vista en planta del modelo a las 10:00 hrs



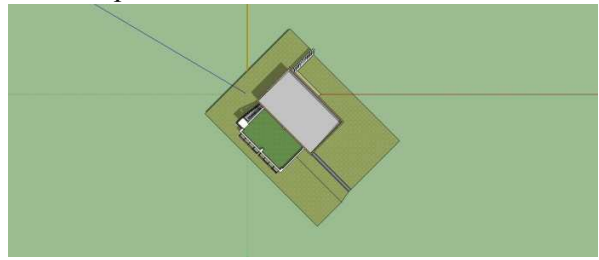
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 74.
Vista en perspectiva del modelo a las 11:00 hrs



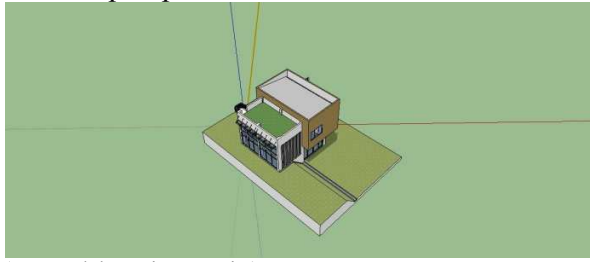
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 75.
Vista en planta del modelo a las 11:00 hrs



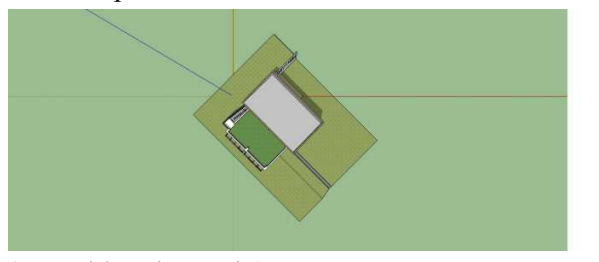
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 76.
Vista en perspectiva del modelo a las 12:00 hrs



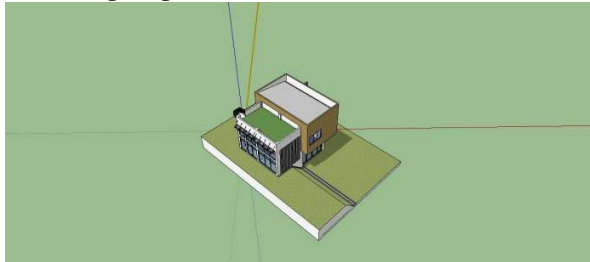
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 77.
Vista en planta del modelo a las 12:00 hrs



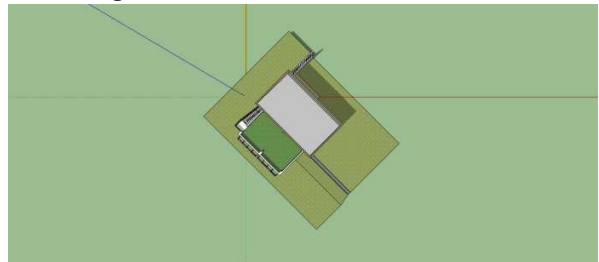
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 78.
Vista en perspectiva del modelo a las 13:00 hrs



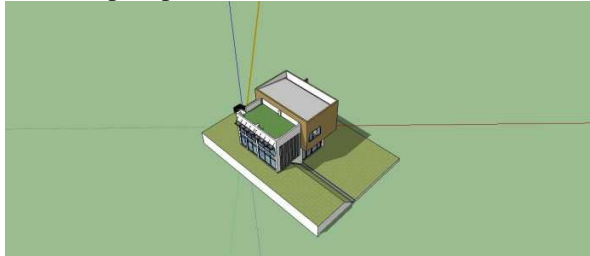
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 79.
Vista en planta del modelo a las 13:00 hrs



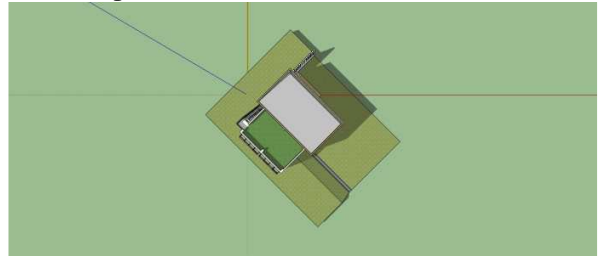
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 80.
Vista en perspectiva del modelo a las 14:00 hrs



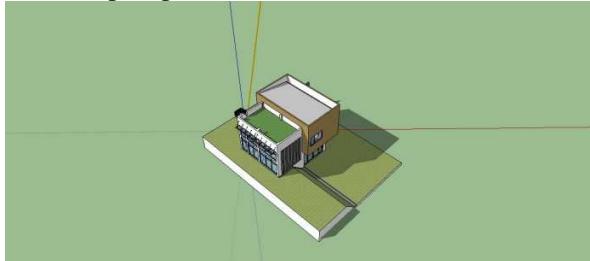
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 81.
Vista en planta del modelo a las 14:00 hrs



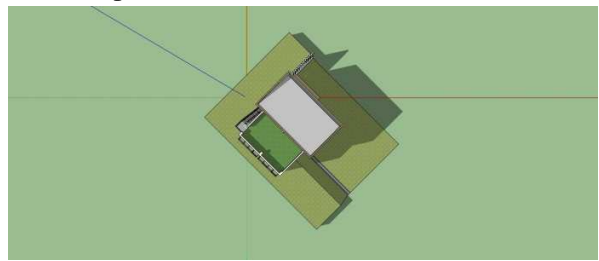
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 82.
Vista en perspectiva del modelo a las 15:00 hrs



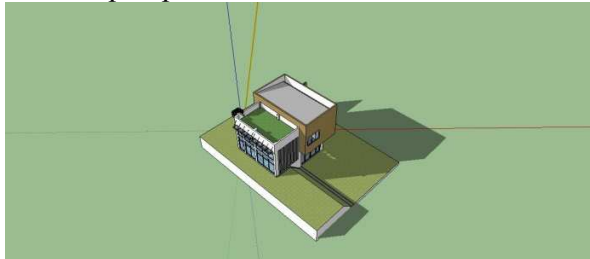
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 83.
Vista en planta del modelo a las 15:00 hrs



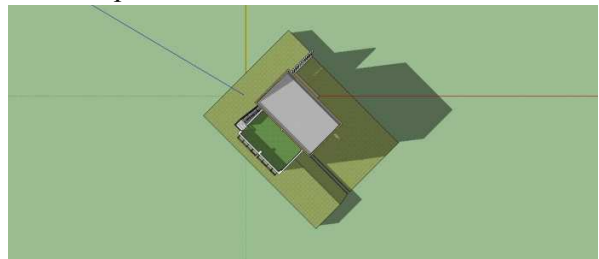
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 84.
Vista en perspectiva del modelo a las 16:00 hrs



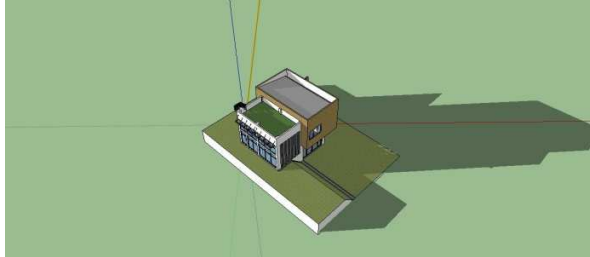
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 85.
Vista en planta del modelo a las 16:00 hrs



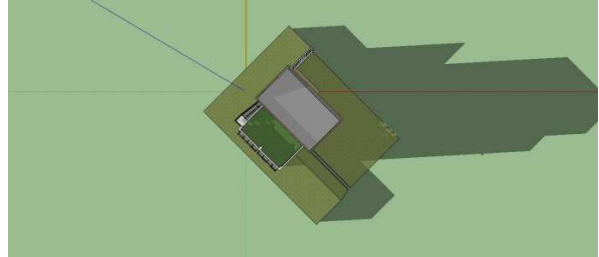
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 86.
Vista en perspectiva del modelo a las 17:00 hrs



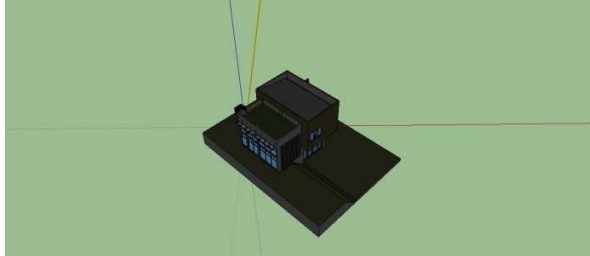
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 87.
Vista en planta del modelo a las 17:00 hrs



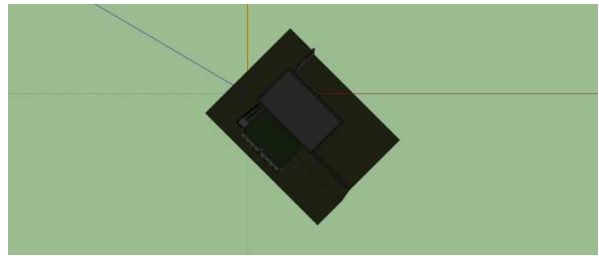
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 88.
Vista en perspectiva del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 89.
Vista en planta del modelo a las 18:00 hrs



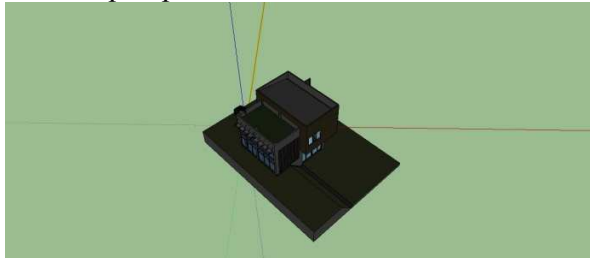
(Nota. Elaboración propia.)

(Nota. Durante el equinoccio del mes de septiembre, comienza a oscurecer después de las 17:00 hrs, por lo que a las 18:00 hrs ya ha anochecido. Elaboración propia.)

Tabla 37

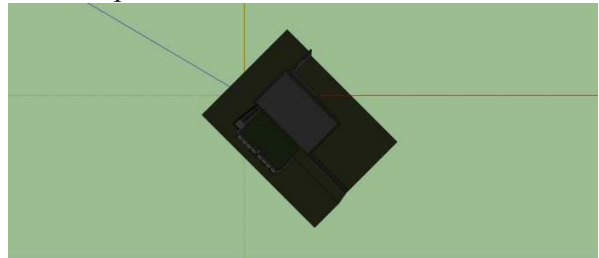
Proyección de sombras en el diseño propuesto para el día 21 de diciembre de 2010 (solsticio)

Figura 90.
Vista en perspectiva del modelo a las 6:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 91.
Vista en planta del modelo a las 6:00 hrs



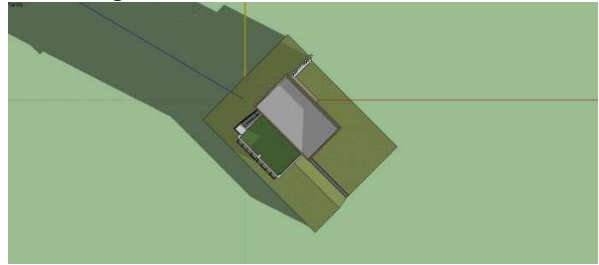
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 92.
Vista en perspectiva del modelo a las 7:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 93.
Vista en planta del modelo a las 7:00 hrs



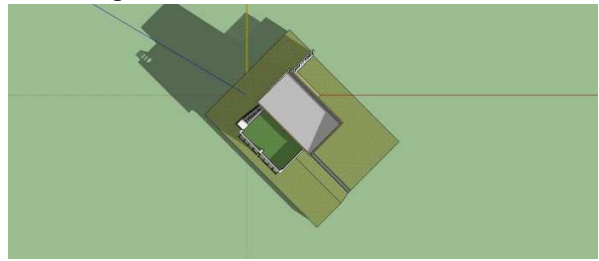
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 94.
Vista en perspectiva del modelo a las 8:00 hrs



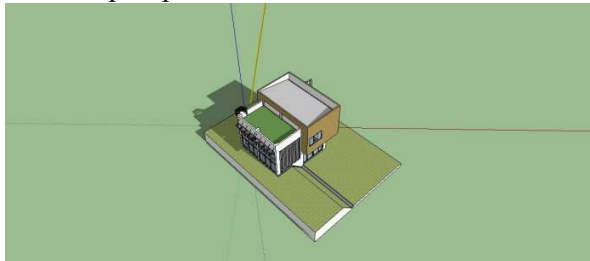
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 95.
Vista en planta del modelo a las 8:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 96.
Vista en perspectiva del modelo a las 9:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 97.
Vista en planta del modelo a las 9:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 98.
Vista en perspectiva del modelo a las 10:00 hrs



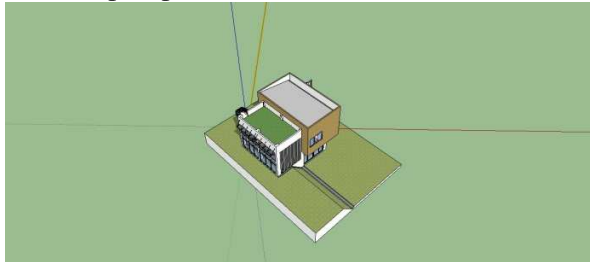
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 99.
Vista en planta del modelo a las 10:00 hrs



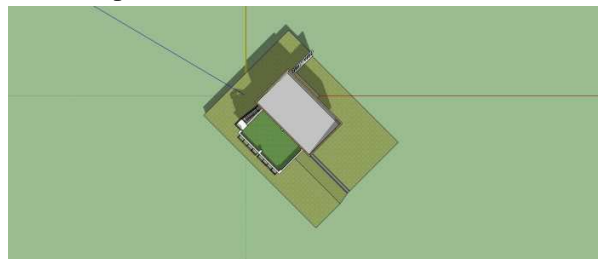
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 100.
Vista en perspectiva del modelo a las 11:00 hrs



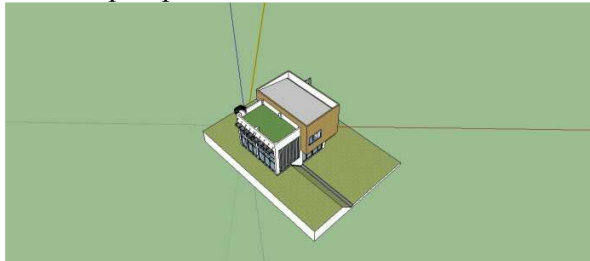
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 101.
Vista en planta del modelo a las 11:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 102.
Vista en perspectiva del modelo a las 12:00 hrs



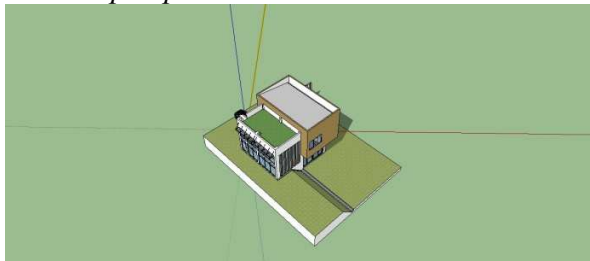
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 103
Vista en planta del modelo a las 12:00 hrs



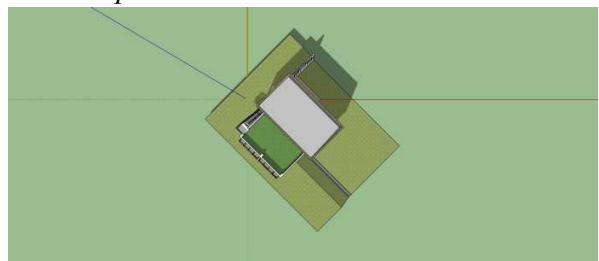
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 104.
Vista en perspectiva del modelo a las 13:00 hrs



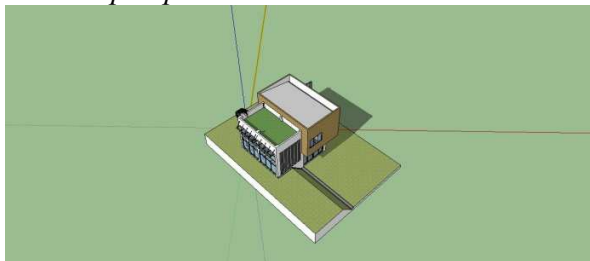
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 105.
Vista en planta del modelo a las 13:00 hrs



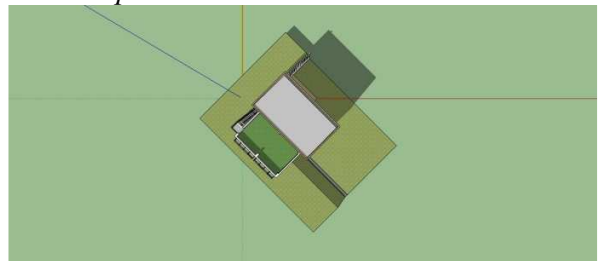
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 106.
Vista en perspectiva del modelo a las 14:00 hrs



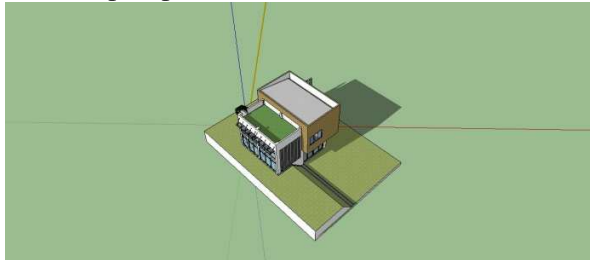
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 107.
Vista en planta del modelo a las 14:00 hrs



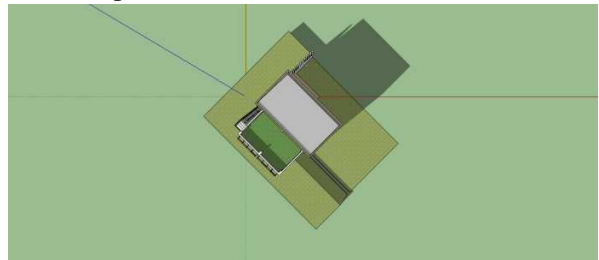
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 108.
Vista en perspectiva del modelo a las 15:00 hrs



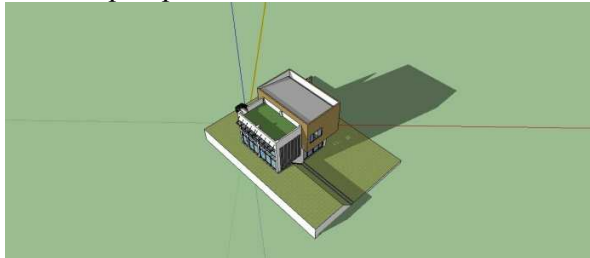
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 109.
Vista en planta del modelo a las 15:00 hrs



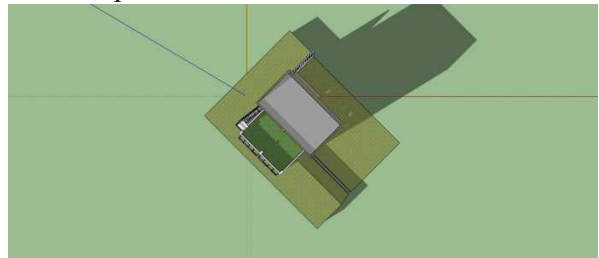
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 110.
Vista en perspectiva del modelo a las 16:00 hrs



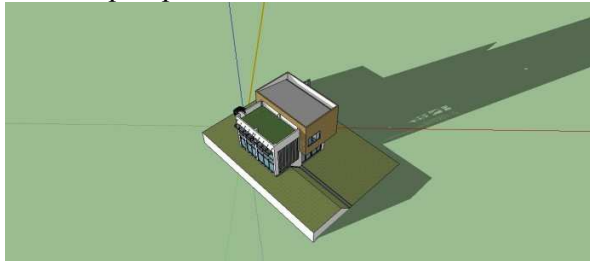
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 111.
Vista en planta del modelo a las 16:00 hrs



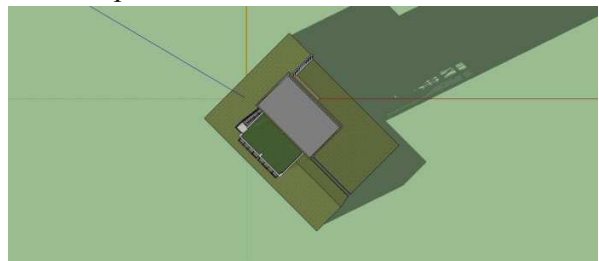
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 112.
Vista en perspectiva del modelo a las 17:00 hrs



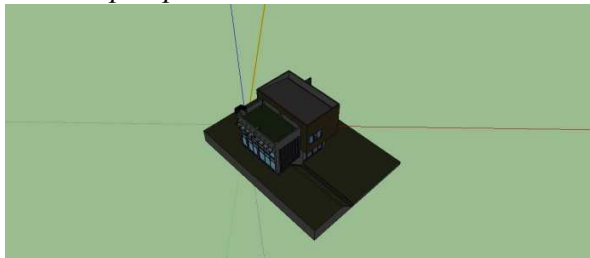
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 113.
Vista en planta del modelo a las 17:00 hrs



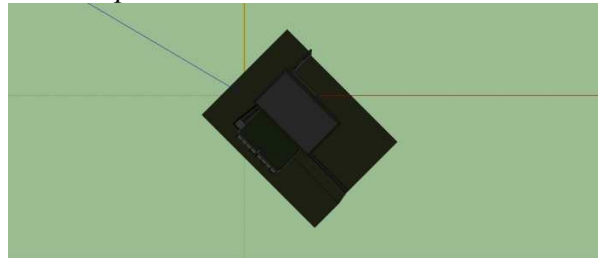
(Nota. Elaboración propia.)

Figura 114.
Vista en perspectiva del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

Figura 115.
Vista en planta del modelo a las 18:00 hrs



(Nota. Elaboración propia.)

(Nota. Durante el solsticio del mes de diciembre, los días son “más cortos”, por lo tanto, no hay sol ni a las 6:00 hrs ni a las 18:00 hrs. Elaboración propia.)

19.3 Discusión

Partiendo de estos modelos de simulación virtual, es posible observar que la orientación de la vivienda a 45° al oeste, con respecto del norte, efectivamente contribuye a reducir los efectos de la radiación solar directa, ya que ninguna de las fachadas está completamente expuesta al sol. Las fachadas que pueden ser más afectadas por la radiación directa poseen menos aberturas y son de menor tamaño.

Por otro lado, estos modelos de simulación ayudan a identificar cuáles son las fachadas que necesitarían de un tratamiento de barreras naturales –como por ejemplo la fachada principal– para reducir, en la medida de lo posible, que el sol de la tarde produzca una sensación de calor excesivo al interior de la vivienda. También es posible identificar, por medio de esta técnica, otros elementos de ambientación que permiten complementar el proceso de bioclimatización de la vivienda.

20. Experimento 3

Este experimento consiste en la simulación de la trayectoria del viento a través de los distintos elementos de la vivienda propuesta. Cabe mencionar que en el país no hay ningún laboratorio que realice este tipo de pruebas, el más cercano se encuentra en Guatemala. Debido a esto, fue necesario crear un entorno de simulación para la finalidad que se buscaba, por lo que se construyó un modelo a escala, tanto de la vivienda propuesta como de un túnel de viento que permitiera visualizar la circulación del aire dentro de la vivienda.

20.1 Instrumentos

20.2 Maqueta

Se elaboró un modelo a escala, o maqueta, de la vivienda propuesta con el fin de observar cómo el aire se trasladaría dentro de las distintas habitaciones establecidas. La maqueta se realizó a una escala de 1:30, en acrílico de $\frac{1}{8}$ " de grosor y acetato rígido, unido con silicón transparente, ya que su transparencia permitiría observar mejor el flujo del aire al interior del diseño. Otro elemento que se utilizó para mejorar la visualización del flujo del aire fue un fondo negro en los pisos de la maqueta y en los costados del túnel de viento.

La construcción de las celosías de ambas fachadas laterales resultó dificultosa debido a la escala y al material utilizado, por lo que en la maqueta se representan por medio de cortes longitudinales inclinados –en lugar de ser rectos, como en los bordes de cada una de las piezas de la maqueta–, logrando con ello simular el efecto que la celosía produce, aunque el flujo del aire se ve magnificado en las pruebas. Esto último permitió una mejor visualización del flujo del aire al interior del modelo, aunque no representa la magnitud real de este por motivos de escala.

La base de la maqueta fue elaborada con capas de poliestireno expandido (durapax) de $\frac{3}{4}$ " de grosor para de esta manera lograr la topografía determinada en el diseño de la vivienda propuesta.

Figura 116.
Materiales utilizados en la construcción de la maqueta o modelo a escala



(Nota. Se muestra parte de los materiales por utilizar en la creación de la maqueta que se utilizará dentro del experimento del túnel de viento, para la observación del flujo de viento. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 117.
Elaboración de la maqueta de la vivienda



(Nota. Realización de los cortes de la placa de acrílico, de donde se sacarán posteriormente las diferentes paredes de la maqueta de pruebas. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 118.
Maqueta de la vivienda



(Nota. Vista lateral de la maqueta de pruebas ya finalizada, hecha de acrílico para poder visualizar de mejor manera cómo fluye el viento a través de la estructura. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 119.
Maqueta de la vivienda



(Nota. Vista lateral de la maqueta de pruebas ya finalizada. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

20.3 Túnel de viento

El túnel de viento con el que se realizó el experimento fue construido con poliestireno expandido de $\frac{3}{4}$ " de grosor y tres ventanas o escotillas de acrílico de $\frac{1}{8}$ " de grosor –una en la parte superior y una en cada uno de los laterales–. Las ventanas o escotillas se construyeron colocando piezas de acrílico entre dos piezas de poliestireno expandido, sujetas entre sí con pegamento y silicón, que posteriormente fueron atornilladas entre sí para conformar el túnel. Para sellar el túnel de las posibles fugas de aire, se colocó cinta adhesiva en la parte exterior y silicón en el interior.

La sección del túnel es cuadrada y sus dimensiones las adecuadas para albergar en su interior al modelo a escala construido con acrílico. Su longitud es la del pliego de poliestireno expandido, y en el interior de la base se colocó papel negro para permitir una mejor visualización del flujo del aire. Al momento de visualizar las pruebas por las ventanas laterales, se colocó también papel negro en el lado opuesto para reducir el reflejo y cubrir la transparencia de la ventana del fondo.

En el extremo que serviría como entrada del aire, se colocó una rejilla para conducir el aire de una manera más uniforme. Esta rejilla está también hecha de poliestireno expandido de $\frac{3}{4}$ " de grosor y consiste en una serie de huecos hechos con base en una cuadrícula de 1 por 1 cm.

El aire se representó por medio de humo, producido por una máquina comercial de humo de 1.000 watts, que produce 5.000 ft³/min de humo. La velocidad del flujo de aire fue

reproducida por un ventilador semi industrial de aspas metálicas y tres velocidades, 18" de diámetro, 220 watts y una frecuencia de 60 Hz. Se utilizó el ventilador, pues luego de varias pruebas se observó que el humo de la máquina tendía a concentrarse dentro del túnel, lo que reducía visibilidad; por lo tanto, la máquina de humo se colocó detrás de la rejilla de poliestireno expandido y detrás de la máquina el ventilador para empujar el humo producido por esta.

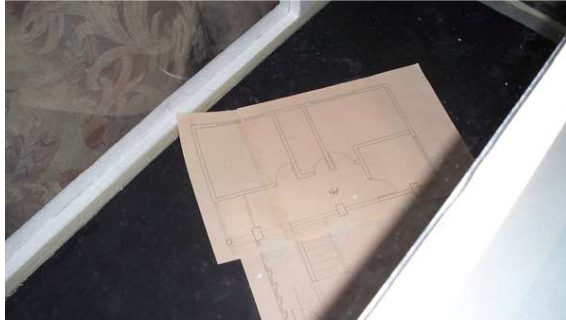
Para recolectar los datos, se utilizó una cámara fotográfica con una resolución de 12 mega-píxeles, con rondas de disparo de tres cuadros por obturación a luz natural, con la que se obtuvieron fotografías sin ningún tipo de efecto para el proceso de construcción de la maqueta y el túnel de viento. Para el caso de los experimentos en sí, con la misma cámara se obtuvieron videos cortometrajes –que son muestras multimedia del experimento– en los que se realizó un proceso de selección de cuadros.

Figura 120.
Túnel de viento



(Nota. Túnel de viento creado de placas de durapax, láminas de acrílico, tornillos de 3 pulgadas, pegamento blanco, cinta adhesiva y silicón para sellar las posibles fugas de viento. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 121.
Túnel de viento y planta arquitectónica del modelo a escala



(Nota. Comprobación de la escala de la maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 122.
Dispositivos para realizar las pruebas. Máquina de humo y rejilla



(Nota. La máquina produce humo suficiente como para visualizar la trayectoria del viento dentro del túnel, sus trayectorias y penetraciones a la estructura. La rejilla de durapax permite que el humo se distribuya de tal forma que entre de manera gradual y aumente así la velocidad del mismo. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 123.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



(Nota. Primera prueba sin ventilación mecánica, más el sifón que produce el mismo túnel. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 124.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



(Nota. El humo va entrando de manera muy lenta dentro del túnel de viento. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 125.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



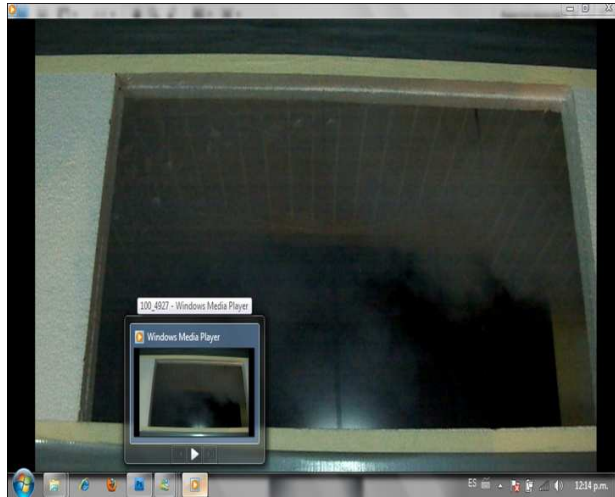
(Nota. El humo sin ventilación mecánica se va acumulando dentro de la capsula del túnel sin velocidad de evacuación. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 126.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



(Nota. Continúa la aglomeración de humo en la cápsula del túnel, sin buscar una salida rápida. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 127.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



(Nota. La concentración de humo definitivamente es cada vez mayor, motivo por el que no se permitiría la visualización de la trayectoria del aire, lo que hace de esta la primera prueba fallida. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 128.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



(Nota. El humo queda estancando dentro del túnel de viento, por las presiones de aire exteriores. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 129.
Secuencia de prueba 1. Túnel de viento sin ventilación mecánica



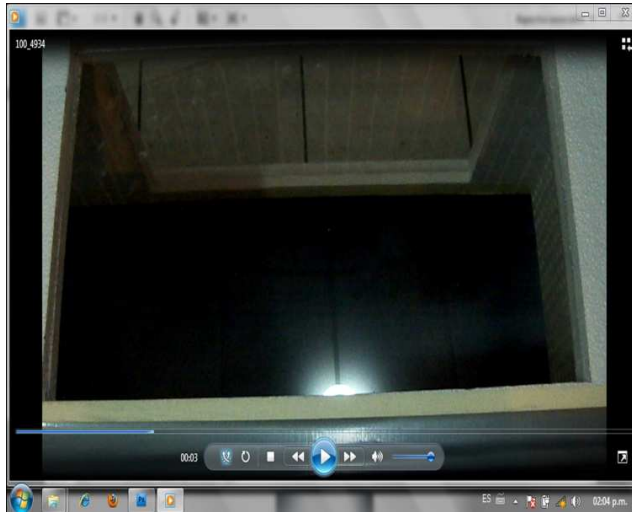
(Nota. El humo no sale del túnel de viento. Esto indica que es necesaria una fuente de viento entrante de mayor velocidad, ya que el sifón del túnel por sí solo no es suficiente. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 130.
Secuencia de prueba 2. Túnel de viento sin ventilación mecánica, acercando la fuente de humo



(Nota. Esta prueba se realizó con la velocidad de entrada de humo aumentada por la máquina que produce el humo, más la fuerza de sifón que produce el túnel. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 131.
Secuencia de prueba 2. Túnel de viento sin ventilación mecánica, acercando la fuente de humo



(Nota. La entrada de viento se observa un poco más fuerte y más abundante, pero aún no tiene la fuerza suficiente. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 132.
Secuencia de prueba 2. Túnel de viento sin ventilación mecánica, acercando la fuente de humo



(Nota. El humo comienza, a diferencia del experimento anterior, a tomar una trayectoria un poco más definida. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 133.
Secuencia de prueba 2. Túnel de viento sin ventilación mecánica, acercando la fuente de humo



(Nota. El humo –a pesar de que comienza a tomar trayectoria– al llegar al punto más profundo de la capsula del túnel, retorna internamente, generando la aglomeración de este. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 134.
Secuencia de prueba 2. Túnel de viento sin ventilación mecánica, acercando la fuente de humo



(Nota. Esta se considera como una segunda prueba fallida, ya que, a pesar de que la velocidad de ingreso del aire es un poco mayor, su evacuación no es suficiente para desalojar la cápsula. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 135.
Secuencia de prueba 3. Túnel de viento con ventilación mecánica frente a la máquina de humo



(Nota. Utilizando el ventilador semi industrial, se genera una entrada de viento cada vez mayor. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 136.
Secuencia de prueba 3. Túnel de viento con ventilación mecánica frente a la máquina de humo



(Nota. El aire comienza a alojarse dentro de la cápsula, con la diferencia que esta vez comienza a verse un poco el desalojo de este de la cápsula. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 137.
Secuencia de prueba 3. Túnel de viento con ventilación mecánica frente a la máquina de humo



(Nota. El desalojo de humo, aunque notorio, aún no es suficiente. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 138.
Secuencia de prueba 3. Túnel de viento con ventilación mecánica frente a la máquina de humo



(Nota. Con líneas de dirección más definidas, pero sin la suficiente fuerza para desalojar del todo la cápsula. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 139.
Secuencia de prueba 3. Túnel de viento con ventilación mecánica frente a la máquina de humo



(Nota. Considerada como la tercera prueba fallida. El desalojo del humo, a pesar de su incremento de velocidad, aún no es suficiente. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 140.

Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica. Distribución y colocación de los dispositivos para realizar las pruebas



(Nota. Haciendo la instalación de los dispositivos por utilizar junto con el túnel de viento, para la ejecución de la prueba de flujo de viento. La parte posterior del túnel está provista de una salida lo suficientemente amplia para evitar que el humo se acumule dentro del túnel. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 141.

Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica. Distribución final de los dispositivos para realizar las pruebas



(Nota. Dispositivos a utilizar para las diferentes pruebas de flujo de viento en el túnel. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 142.

Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica. Distribución final de los dispositivos para realizar las pruebas



(Nota. Un ventilador semi industrial para darle velocidad al viento dentro del túnel y una máquina de humo para asegurar la visualización de la trayectoria del viento dentro del túnel. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 143.
Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica. Túnel de viento y dispositivos para realizar las pruebas



(Nota. El túnel provisto de tres ventanas de acrílico de buen tamaño, una superior y las laterales, para la visualización adecuada del experimento. Fotografía tomada por el equipo de investigación.)

Figura 144.

Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica detrás de la máquina de humo



(Nota. El ventilador semi industrial se coloca en la segunda posición, detrás de la máquina de humo. Esta vez la velocidad del humo al interior de la cápsula mejora considerablemente el desempeño del túnel. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 145.

Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica detrás de la máquina de humo



(Nota. Líneas de dirección de aire bien definidas, y salida de aire más profusa, dando la pauta para marcar la dirección interna del flujo de aire. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 146.
Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica detrás de la máquina de humo



(Nota. La acumulación de humo dentro de la cápsula se vuelve mínima. Video tomado por el equipo de investigación.)

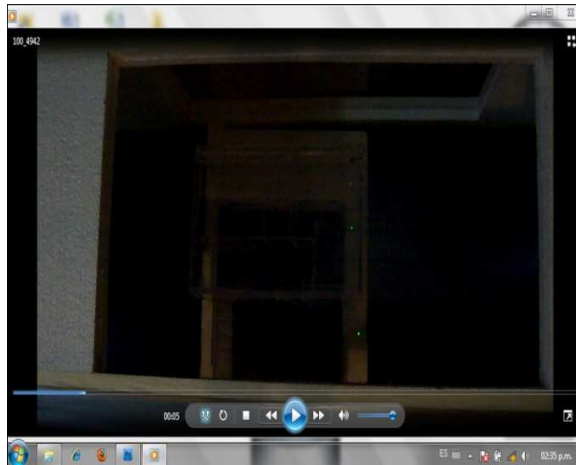
Figura 147.
Secuencia de prueba 4. Túnel de viento con ventilación mecánica detrás de la máquina de humo



(Nota. El flujo del aire dentro del túnel se vuelve constante. Video tomado por el equipo de investigación.)

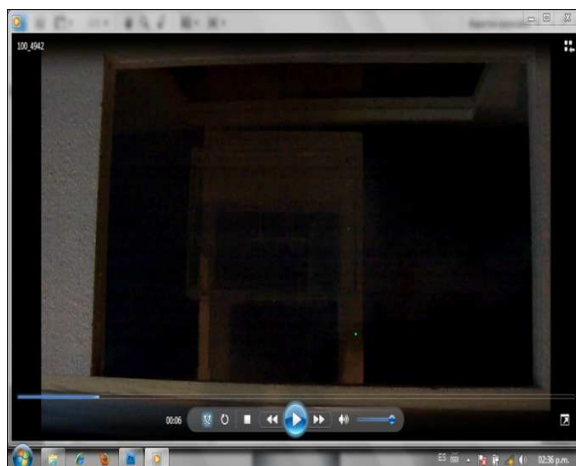
21. Resultados

Figura 148.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista en planta



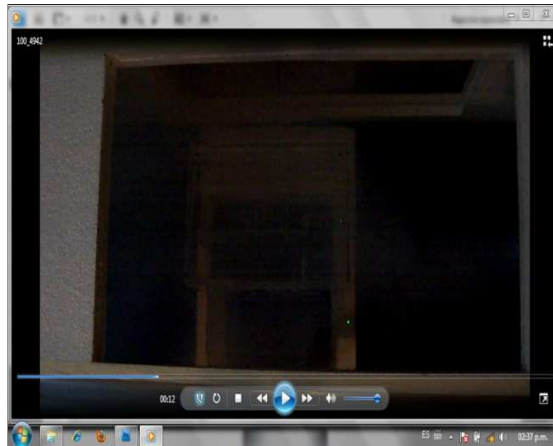
(Nota. Colocación de la maqueta de pruebas dentro del túnel de viento. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 149.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista en planta



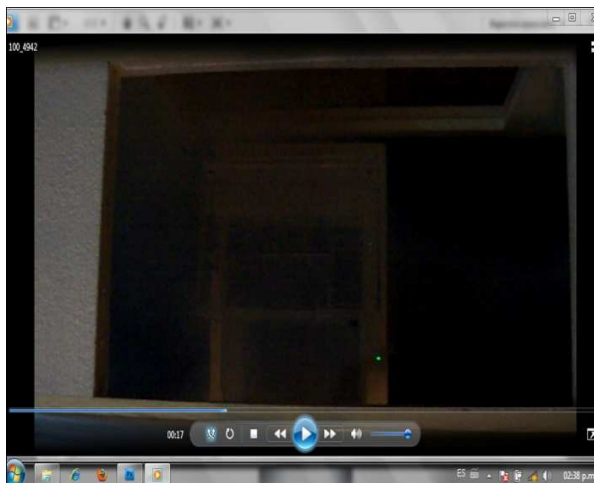
(Nota. Se ve el ingreso inicial del humo y su choque contra la estructura. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 150.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista en planta



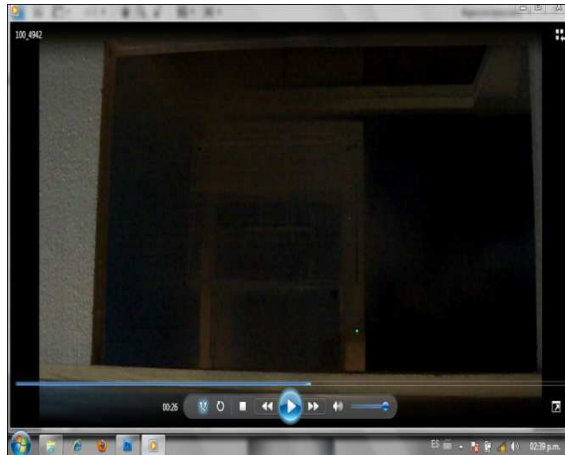
(Nota El humo comienza a formar trayectoria alrededor de la estructura, formando un “muro de aire” a su alrededor. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 151.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista en planta



(Nota. Distribución del aire de entrada. Nótese cómo este va rodeando la estructura, lateralmente y por la parte superior. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 152.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista en planta



(Nota. El ingreso del aire a la estructura es inmediato, además la aerodinámica de la estructura queda evidenciada. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 153.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista lateral



(Nota. Las vistas que proporcionan de manera lateral las escotillas de acrílico dan la oportunidad de poder visualizar la estructura de vista frontal, y no solo superior, además del efecto del aire en ella. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 154.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista lateral



(Nota. El ingreso del aire es notorio inmediatamente , así como el choque de este en la estructura. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 155.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista lateral



(Nota. El ingreso del aire en la estructura es fácilmente observable, y el efecto de las diferentes formas estructurales en la construcción de la maqueta, tales como las celosías, que permiten el ingreso del aire de manera más eficiente a la vivienda. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 156.
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista lateral



(Nota. Se puede observar cómo dentro de la vivienda se forman pequeños remolinos de aire, que se distribuyen en su interior. Video tomado por el equipo de investigación.)

Figura 157
Maqueta de la vivienda dentro del túnel de viento.
Vista lateral

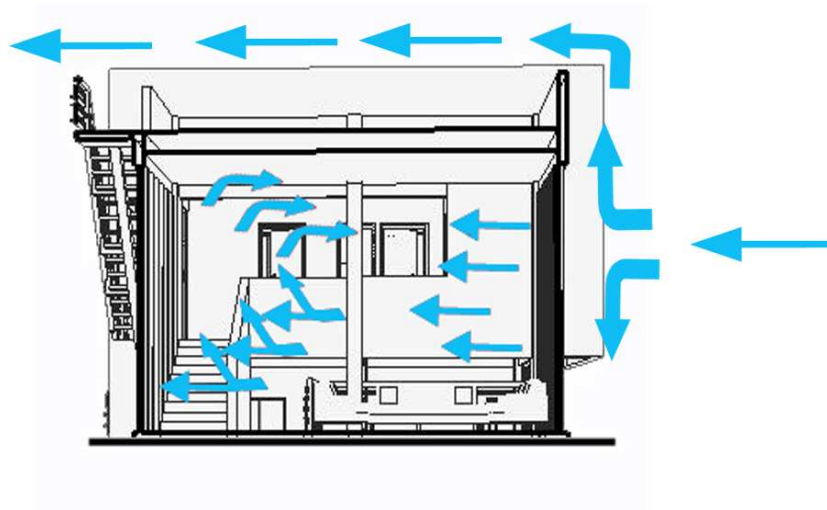


(Nota. El aire circula de manera eficiente dentro de la totalidad de la vivienda. Nótese, además, el aire excedente que rodea la estructura. Video tomado por el equipo de investigación.)

22. Discusión

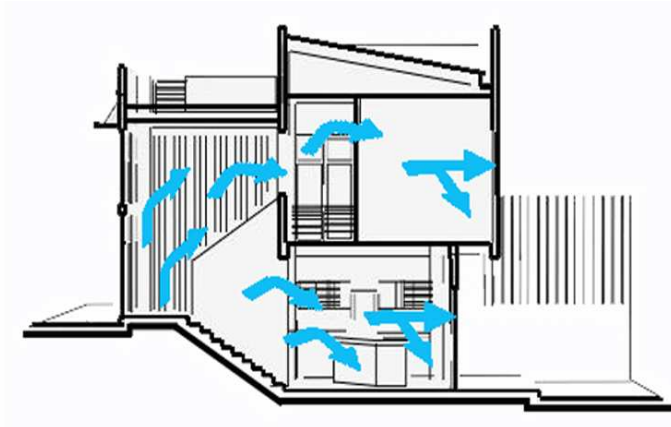
Debido a una posible falta de claridad en los cuadros tomados de los videos, que han sido presentados en la sección anterior, se considera necesario presentar además de manera esquemática los resultados de las pruebas realizadas en el túnel de viento. Esto permite al lector una mayor claridad y comprensión del comportamiento del flujo del aire dentro de la vivienda propuesta (ver figuras 158-162).

Figura 158.
Esquema del flujo del aire dentro y fuera de la vivienda



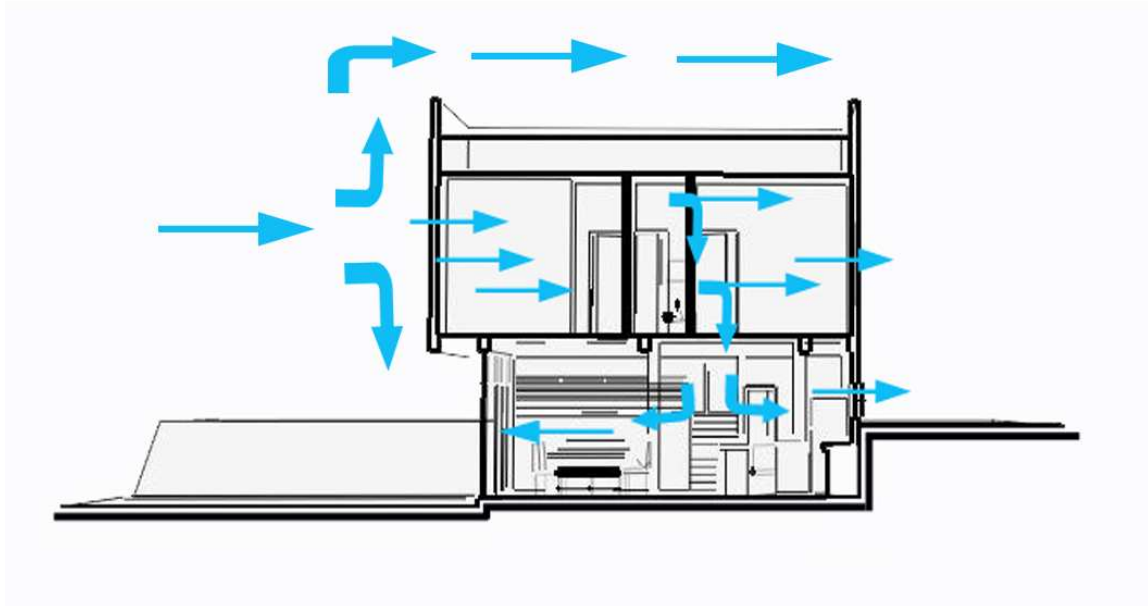
(Nota. La figura muestra cómo es la circulación del aire dentro de la vivienda y fuera de ella, vista de manera frontal, en las áreas de uso común. La celosía y la planta abierta permiten un flujo constante de aire hacia el interior, que circula libremente en todas las áreas expuestas. Elaboración propia.)

Figura 159.
Esquema del flujo del aire dentro de la vivienda



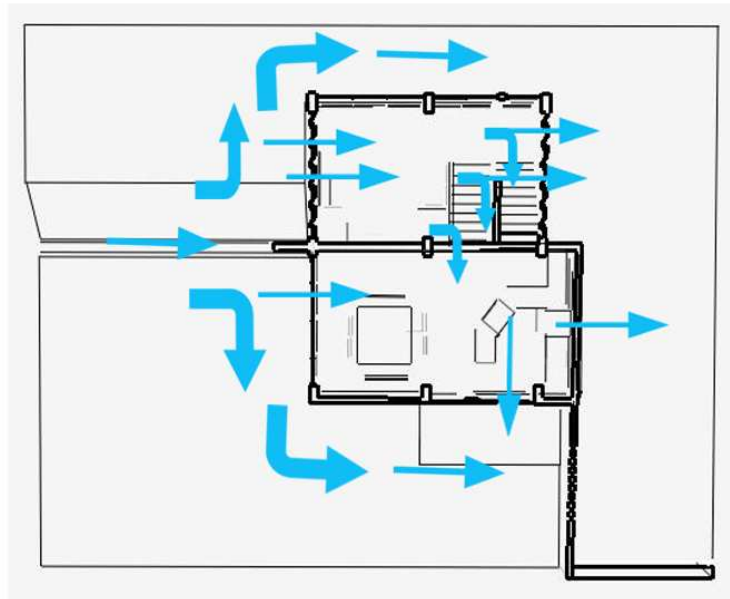
(Nota. Vista lateral de la vivienda. La distribución del aire, gracias a las celosías, es total, permite su ingreso y evacuación, además de su distribución dentro de toda la vivienda. Elaboración propia.)

Figura 160.
Esquema del flujo del aire dentro y fuera de la vivienda



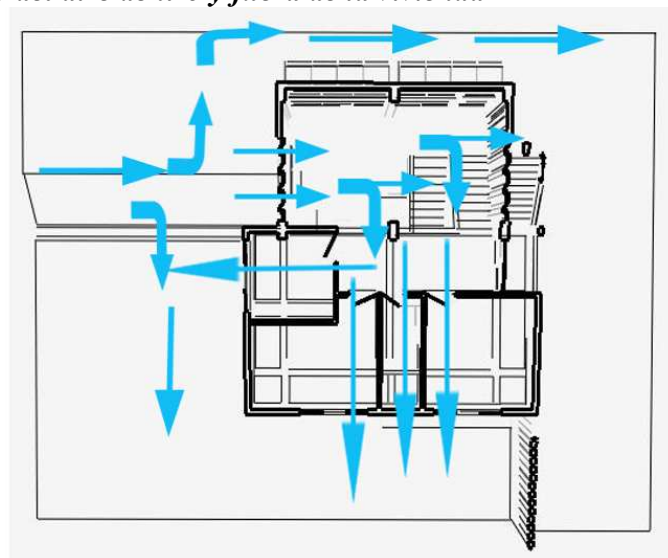
(Nota. Vista posterior de la vivienda, permite ver la trayectoria del aire dentro de la vivienda, entradas y puntos de evacuación. Elaboración propia.)

Figura 161.
Esquema del flujo del aire dentro y fuera de la vivienda



(Nota. Vista en planta define de mejor manera cómo se distribuye el aire en los niveles inferiores de la vivienda y sus alrededores. Elaboración propia.)

Figura 162.
Esquema del flujo del aire dentro y fuera de la vivienda



(Nota. Vista en planta define cómo se distribuye el aire dentro de los niveles superiores de la vivienda y sus alrededores. Elaboración propia.)

23. Conclusiones y recomendaciones

1. En principio, todo diseño debe considerar los condicionantes del lugar donde se emplazará la edificación. Sin embargo, por distintos motivos –económicos, sociales, culturales, entre otros– estos criterios han sido dejados de lado en la actualidad, posiblemente para dar respuesta a la alta demanda, haciendo uso, al mismo tiempo, de un mínimo de recursos. El diseño de una vivienda bioclimática y sostenible es logrado a través del proceso de investigación de los condicionantes del lugar de emplazamiento y la identificación de las opciones sobre tecnología aplicada, pero a la vez plantea y se relaciona fuertemente con un compromiso de solidaridad –e incluso ético– para con los usuarios y el medio ambiente natural en el que estará ubicada.

El planteamiento de todo diseño debe considerar además las nociones positivas de los paradigmas de desarrollo establecidos a lo largo de la historia que, si bien es sabido, aún no se tiene un paradigma o concepto realmente funcional del proceder del desarrollo en sí –pues es un concepto relativamente nuevo, cuyas corrientes han fallado en integrar todas las dimensiones de la vida humana–, pueden tomarse en consideración aspectos del *desarrollo a escala humana*, el *desarrollo sostenible* y el *desarrollo sustentable*, por mencionar algunos, que se alejan del aspecto economicista para integrar una visión más centrada en el ser humano y el medio ambiente. Es necesario recordar también que todos los extremos son malos, por lo que impera el compromiso de crear un equilibrio entre todos y cada uno de los componentes de la vida y las actividades del ser humano y del entorno que le rodea, incluyendo el medio ambiente natural.

2. La vivienda propuesta trata de integrar soluciones constructivas que aprovechen los recursos de los que se dispone en el país, tales como el viento, el asoleamiento y las precipitaciones pluviales. Así, se hace uso de elementos como colores, vanos y ventanas, estructuras específicamente diseñadas para el aprovechamiento de los recursos antes mencionados, etc.

Sin embargo, para garantizar la viabilidad de la propuesta es imperante continuar realizando pruebas, algunas de mayor rigurosidad. Entre las pruebas que se considera necesario continuar realizando se encuentran:

- Pruebas relacionadas con las precipitaciones pluviales y el almacenamiento del agua por medio de cisternas, como estrategia para reducir la temperatura interna de la edificación, así como la determinación de la ubicación adecuada de dicha cisterna para combinar funcionalidad con seguridad estructural.
- Pruebas en cuanto a la viabilidad real y otros aspectos relacionados con la instalación del sistema de paneles fotovoltaicos para proveer de energía a la vivienda. Es de aclarar que esta se considera como una opción teóricamente viable con base en los estudios realizados (por ejemplo el de Ayala, *et al.*, 2005) y el potencial solar del país gracias a su ubicación geográfica.
- Pruebas relacionadas con aspectos estructurales y de materiales, de forma que la respuesta, además de contribuir a la bioclimatización de la vivienda, se adapte a otras situaciones características del país, como la actividad sísmica y otros aspectos de vulnerabilidad.
- Pruebas relacionadas con la temperatura interna de la vivienda propuesta, así como opciones, alternativas y soluciones –siempre manteniendo criterios de sostenibilidad, tanto económica como ambiental– para controlar dicha temperatura, ya que los niveles de *confort* térmico son subjetivos.

Es evidente, además, que para seguir los criterios de desarrollo planteados y seguidos en la presente investigación, es necesario agregar también aspectos de investigación social –por ejemplo, una encuesta– que tomen en cuenta las necesidades y la disposición de los posibles usuarios para adaptarse a esta nueva propuesta de vivienda. Esto permitiría una investigación integral que establecería la viabilidad del proyecto y, por lo tanto, tendría mayores probabilidades de aceptación, tanto por parte del público como de posibles alianzas estratégicas, para su materialización.

3. La bioclimatización y sostenibilidad de una vivienda es posible, pero depende de la inclusión de ciertos recursos que no son habituales en el ámbito constructivo del país. 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 diseños. De esto se infiere que el diseño bioclimático y sostenible implica 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 los beneficios de la arquitectura bioclimática y sostenible a los estratos sociales más bajos. Se trata, entonces, de estudiar nuevas alternativas y plantear opciones que se encuentren dentro de las posibilidades de dicho estrato socioeconómico, pero esto podrá hacerse únicamente una vez se halla resuelto el problema planteado en la presente investigación. Posteriormente, una vez definidas las soluciones, es posible comenzar a innovar la propuesta de manera que esté al alcance de todas las personas.

24. Bibliografía

- Allen, E.; Iano, J. (2002). *El anteproyecto arquitectónico. Guía para su ejecución*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Ayala, M.; Sánchez, I.; Escalante, A.; Marroquín, W. (2005). “*Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador*”. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), Servicio Nacional de Estudios Territoriales (Snet). Recuperado de <http://mapas.uca.edu.sv/swera/>
- Calderón Vásquez, F. (2008). “Thinking on Development: Enfoques teóricos y paradigmas del desarrollo”. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros/2008b/409/indice.htm>
- Coria, L. (2007). “Aportes al debate sobre el desarrollo local sustentable”. En Barrios, C. (Compilador), *La relación global-local: Sus implicancias prácticas para el diseño de estrategias de desarrollo*. (pp. 56-63). Recuperado de <http://www.eumed.net/libros/2007a/259/>
- García, L. (2009). “Régimen de lluvia y caudales en El Salvador, su relación con la variabilidad climática (forzantes oceánicos-atmosféricos) para la construcción de mapas de amenazas por déficit o exceso de lluvias” (Tesis de Maestría, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica). Recuperado de <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00254/doc00254.htm>
- Higueras, E. (2006). *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Max-Neef, M.; Elizalde, A.; Hopenhayn, M. (1986). *Desarrollo a escala humana, una opción para el futuro*. Santiago: Cepaur.
- Ministerio de Economía, Centro Nacional de Registros, Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán (2000). *Atlas de El Salvador* (4ª. Ed.). San Salvador: Instituto Geográfico Nacional-Centro Nacional de Registros.
- Muñoz Veneros, D. (2003). “Arquitectura ecológica sustentable”. Recuperado de <http://www.eco2site.com/arquit/entrevista-dante.asp>

- Olgay, V. (2002). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. (2ª. Ed.). Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Plazola C., A.; Plazola A., A. (1977). *Arquitectura habitacional* (1ª. Ed.). México: Editorial Limusa.
- Real Academia Española (2010). *Diccionario de la Lengua Española* (20ª. Ed.). Recuperado de <http://buscon.rae.es/draeI/>
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Hidrológico Nacional (2005). “Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador. Componente evaluación de recursos hídricos”. Recuperado de <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>
- Simancas, K. (2003). “Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo”. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España). Recuperado de www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0216104-100306//02PARTE1.pdf
- Valcárcel, M. (2006). “Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo”. Lima: Departamento de Ciencias Sociales Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Wikipedia (2010). “Solstice”. Recuperado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Solstice>