



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
ESCUELA DE ARTE Y DISEÑO**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**MANUAL DE ESPACIOS CON ACONDICIONAMIENTO PASIVO:  
LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA DISEÑAR VIVIENDAS  
AHORRATIVAS EN TEGUCIGALPA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
ARQUITECTO**

**PRESENTADO POR:**

**ALEJANDRO DANIEL LAGOS GUEVARA**

**11441383**

**ASESOR: ARQ. ALEJANDRA PADILLA  
CAMPUS TEGUCIGALPA**

**OCTUBRE, 2020**

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO .....	4
I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
2.1 ANTECEDENTES .....	10
2.1.1 HISTORIA CONSTRUCTIVA DE TEGUCIGALPA.....	10
2.1.2 VIVIENDA TRADICIONAL DE HONDURAS Y SUS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS .....	12
2.1.3 COMPLEJO TECHOS VERDES .....	16
2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	18
2.2.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	20
2.4 OBJETIVOS .....	28
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	28
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
2.5 JUSTIFICACIÓN .....	29
III. MARCO TEÓRICO .....	33
3.1 CONCEPTUALIZACIÓN .....	33
3.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN HONDURAS .....	35
3.2.1 EL CLIMA EN HONDURAS .....	36
3.2.2 MICROCLIMA DE TEGUCIGALPA Y ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE .....	40
3.2.2.1 BOSQUE SECO SUBTROPICAL .....	43
3.2.1.1 ELEMENTOS DEL CLIMA .....	47
3.3 COMPONENTES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO .....	53
3.3.1 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	53
3.3.2 DISEÑO DE VENTANAS .....	59
3.3.3 SOMBREADO EXTERIOR .....	61
3.3.4 ENVOLVENTE DEL EDIFICIO .....	63
3.3.4 FORMA .....	66
3.4 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN .....	66
3.4.1 REVIT .....	66
3.4.2 QGIS.....	67
3.5 CONSUMO DE AIRE ACONDICIONADO EN VIVIENDA DE TEGUCIGALPA .....	67
V. METODOLOGÍA .....	68
5.1 ENFOQUE Y MÉTODOS.....	68

- 
- 5.2 DESCRIPCIÓN FASES DE ESTUDIO ..... 70
- 5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN..... 71
- 5.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ..... 71
- VII. CONCLUSIONES..... 74
- VIII. RECOMENDACIONES..... 75
- Bibliografía ..... 76
- ANEXOS ..... 81

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

- Ilustración 1: Esquema de Puente Mayol 1910 y puentes a desnivel actual..... 11
- Ilustración 2: Barrio El Bosque. Fuente: (Tribuna, Tegucigalpa, risas y llanto de sus múltiples caras, 2017)..... 11
- Ilustración 3: Arquitectura vernácula adecuada al clima: frío. Fuente: (Stassano Á. , 2010) ..... 12
- Ilustración 4: Arquitectura vernácula adecuada al material disponible: piedra. (Stassano Á. , 2010)..... 12
- Ilustración 5: Barrio El Bosque, Tegucigalpa..... 12
- Ilustración 6: La Ronda, Tegucigalpa..... 13
- Ilustración 7: Perfil urbano de viviendas locales de adobe en Ojojona. Fuente: (Nieto & Trejo, 2017) ..... 14
- Ilustración 8: Perfil urbano de viviendas locales de adobe en Ojojona. Fuente: (Nieto & Trejo, 2017) ..... 14
- Ilustración 9: Vivienda de la costa norte donde aleros protegen por completo las ventanas. Fuente: (Stassano A. , 1997)..... 15
- Ilustración 10: La casa Quiroz, profusa vegetación y coloridos detalles..... 16
- Ilustración 11: Mapa del complejo Techos Verdes. Fuente: (TechosVerdes, 2006) ..... 17
- Ilustración 12: Laboratorio bioclimático Techos Verdes. .... 17
- Ilustración 13: Dormitorio bioclimáticos Techos Verdes. .... 18
- Ilustración 14: Proyectos de Vivienda actual en Tegucigalpa..... 19
- Ilustración 15: Emisiones por consumo de electricidad (tCo2e)..... 20

Ilustración 16: Distribución en la utilización de recursos en las construcciones. Fuente: (Shroeer, 2013) .....	21
Ilustración 17: Consumo de electricidad en función de la tipología de equipos presentes en el sector comercial. ....	22
Ilustración 18: Consumo de electricidad en función de la tipología de equipos presentes en el sector residencial. ....	22
Ilustración 19: Centro Cívico Gubernamental, Tegucigalpa. Fuente: (Prensa, 2020) .....	24
Ilustración 20: Vivienda en colonia Fuerzas Armadas, Comayagüela. Fuente: (TECHO, 2018).....	24
Ilustración 21: Proyectos habitacionales en Honduras. Fuente: (Hondudiaro, Hondudiaro, 2020).....	24
Ilustración 22: Resultado de Voto Medio Estimado .....	25
Ilustración 23: Comparación de emisiones de CO2 equivalentes (tCO2e) para escenarios por sectores. ....	26
Ilustración 24: Índice de aridez para el año 2025. ....	27
Ilustración 25: Distribución de las emisiones contaminantes provenientes de la construcción. ....	27
Ilustración 26: Vista periférica de efecto Venturi en edificios.....	28
Ilustración 27: Agenda 2030.....	30
Ilustración 28: Relaciones entre la sociedad, naturaleza y cultura. Fuente: (Gonzalo modificado, 2003, pág. 29).....	30
Ilustración 29: Ramificación de Arquitectura Sustentable.....	35
Ilustración 30: Regiones de desarrollo según Plan de Nación de la República de Honduras empleadas en los análisis de clima histórico y futuro. Fuente: (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018, pág. 15) .....	37
Ilustración 31: Regiones de desarrollo de la República de Honduras y cuencas que lo componen. Fuente: (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018, pág. 16).....	37
Ilustración 32: Mapa de Honduras con coordenadas.....	38
Ilustración 33: Valores promedio anuales del clima para la ciudad de Tegucigalpa. ....	39

Ilustración 34: Principales elementos que influyen en el diseño arquitectónico.....	40
Ilustración 35: Diagrama para la Clasificación de Zonas de Vida o Formación Vegetal del Mundo L.R. Holdridge. Fuente: (Porras, 2012).....	41
Ilustración 36: Clasificación de Tierras en Honduras (1962). Fuente: (Mairena & Hernández, 2005, pág. 19).....	41
Ilustración 37: Mapa de zonas de vida de Honduras según Holdridge. Fuente: (Duery, 2001, pág. 19).....	42
Ilustración 38: Bosque seco subtropical de Tegucigalpa. Fuente: (House, 2008).....	43
Ilustración 39: Materiales para viviendas en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016) .....	44
Ilustración 40: Utilización de recurso forestal en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016) .....	45
Ilustración 41: Obtención de alimentos en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016) .....	45
Ilustración 42: Ubicación de Chamela, Jalisco, según la clasificación climática de Köppen. ....	46
Ilustración 43: Climograma para climas fríos. Fuente: (Suarez, 2012).....	47
Ilustración 44: Climograma para climas templados. Fuente: (Suarez, 2012) .....	47
Ilustración 45: Climograma para climas cálidos húmedos. Fuente (Suarez, 2012) .....	47
Ilustración 46: Principales factores que afectan el confort térmico de los humanos. ....	51
Ilustración 47: Estadística de uso AC en viviendas Tegucigalpa .....	52
Ilustración 48: Esquema de ganancias y pérdidas de calor en Edificaciones.....	53
Ilustración 49: Traza urbana de Col. Kennedy. Fuente: Google Earth .....	55
Ilustración 50: Traza urbana de Col. Miraflores. Fuente: Google Earth- .....	55
Ilustración 51: Tres insulae de la ampliación de Olinto (432 a.C), con clara orientación norte-sur. Fuente: (Rodriguez, y otros, 2008, pág. 33) .....	55
Ilustración 52: Corte esquemático de comportamiento de los asoleamientos en invierno y verano.....	56
Ilustración 53: Catedral de San Miguel Arcángel.....	56

- 
- Ilustración 54: Iglesia y Convento San Francisco. .... 57
- Ilustración 55: Agencia Banco América Central (BAC). .... 57
- Ilustración 56: Orientaciones internas sugeridas para las distintas estancias en el hemisferio norte. .... 58
- Ilustración 57: Antigua Escuela Normal, Gracias y sus corredores porticados. .... 61
- Ilustración 58: Transferencias de calor. .... 63
- Ilustración 59: Propiedades termo físicas de materiales de construcción estructurales. .65
- Ilustración 60: Resistencia térmica de materiales con el mismo espesor. Fuente: (Salazar J. A., 2011). .... 66
- Ilustración 61: Proceso para la elaboración del caso de estudio. .... 69

## **ÍNDICE DE TABLAS**

- Tabla 1: Esquema de características de sociedades en relaciones de dominio. .... 31
- Tabla 3: Fases y actividades de metodología de investigación. .... 71
- Tabla 4: Árbol del problema ..... 81

## I. INTRODUCCIÓN

UNESCO al tratar el tema de energía asequible y no contaminante, formuló la pregunta: "¿Cómo se relacionan la energía y el bienestar humano?" (UNESCO, 2017, pág. 25), permitiendo reflexionar sobre el propio uso de la energía y tratar su efecto en los ámbitos más cotidianos del ser humano. Dichas consideraciones pueden variar desde los mecanismos habituales de satisfacer necesidades básicas, como cocinar, hasta más lujosos como calentar una piscina. Actualmente la vivienda emplea numerosos mecanismos de transformación de la energía en su envolvente, meritorios de observación debido a que representa el correcto funcionamiento de la vivienda, su costo y, desde la perspectiva de comunidad, su efecto en el medio ambiente.

El desarrollo de las ciudades de un país, por otro lado, representa hoy en día el conjunto de decisiones tomadas en base a la sostenibilidad entre las consecuencias económicas, sociales y ambientales. La forma en la que se construyen las ciudades, desde un enfoque lógico y consciente, permite el mejor aprovechamiento de los recursos naturales. "Está suficientemente demostrado que es más barato y además conveniente para nuestro medio ambiente, efectuar medidas preventivas que concurrir luego a solucionar los problemas energéticos que sin duda se irán agravando en el futuro" (López, 2003, pág. 6). Las ciudades principales a nivel nacional son las que están teniendo un acelerado crecimiento debido a la migración del campo a las urbes, constituyendo un incremento en el sector residencial.

Honduras es uno de los países más vulnerables al cambio climático, de acuerdo con el Perfil Ambiental de País, emitido por la Delegación de la Unión Europea, fue uno de los países más golpeados por eventos climáticos durante el periodo 1992-2011. Debido a que dichos acontecimientos son recientes, como el Huracán Mitch, la degradación ambiental persiste al punto de que la vulnerabilidad es urgente actualmente. "Honduras es un país que enfrenta gran cantidad de retos ambientales, volviéndose arriesgado priorizar algunos sobre otros, dado que todos ellos contribuyen a... disminuir los niveles de salud" (Palerm, Florez, & Nusselder, 2013, pág. 2).

▪

Sin embargo, la nación centroamericana se encuentra entre los treinta países con menor consumo energético per cápita en el mundo. La cantidad de recursos naturales es basta como para autosuficiencia energética. Por lo tanto, es este desinterés de la población nacional y de los entes gubernamentales que da paso a la oportunidad alinear los conocimientos de arquitectura a la realidad ambiental y la creación de una guía práctica que brinde una mejor calidad de vida a los habitantes de Tegucigalpa.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Es vital describir la historia constructiva de Tegucigalpa y la materialidad con que se levanta la vivienda capitalina para poder comprender la arquitectura, alguna vez idónea para sus habitantes. Esto se debe a que la arquitectura al pasar los años permitió la entrada de nuevas líneas de pensamiento y a inclinarse a un cierto universalismo.

Al observar tales imágenes claras del desarrollo constructivo a través de la historia es imprescindible cuestionarse en qué dirección se desea continuar como país. Finalmente se presenta la voz de una arquitectura habitualmente desconocida a los ojos capitalinos.

#### **2.1.1 HISTORIA CONSTRUCTIVA DE TEGUCIGALPA**

Tegucigalpa M.D.C. es la capital y sede del gobierno de la República de Honduras y una de las más pobladas de Centroamérica, fue fundada el 29 de septiembre de 1578 como Real de Minas de San Miguel de Tegucigalpa. El hecho de ser un centro de explotación de mineras y contar con el recurso hídrico brindado por el Río Choluteca que lo cruza en toda su extensión, fueron factores importantes que impulsaron su notorio desarrollo económico. El rubro de la construcción es uno de los más grandes referentes de su desarrollo y dentro del mismo, la vivienda ocupa el primer lugar.



→  
Crecimiento  
Tegucigalpa  
en rubro  
construcción



*Ilustración 1: Esquema de Puente Mayol 1910 y puentes a desnivel actual.*

*Fuente: (Tribuna L. , 2017)*

Actualmente existen en Tegucigalpa, escasas prácticas de arquitectura tropical bioclimática. Es una realidad que prevalece la arquitectura de diseño convencional, la cual no considera la variedad de factores que se necesitan para obtener una construcción eficiente. De esta manera deben ser tomados en cuenta los factores del consumo de energía eléctrica y mejoramiento del confort.

A medida que Tegucigalpa se consolidaba como la capital de Honduras, el crecimiento desordenado y sin planificación de la población fue agravando la situación ambiental, social y económica de la ciudad. El movimiento migratorio del campo a la ciudad debido a la búsqueda de fuentes de trabajo se ha mantenido en constante crecimiento. “La transición demográfica tiene relevancia particular porque contribuye a delinear la arquitectura de la nación a largo plazo” (CODN, 2008). Todas estas acciones siendo afectadas grandemente por la topografía accidentada de la ciudad, hoy en día Tegucigalpa es vistosa por sus numerosas edificaciones en lugares con pendientes pronunciadas.



*Ilustración 2: Barrio El Bosque. Fuente: (Tribuna, Tegucigalpa, risas y llanto de sus múltiples caras, 2017)*

En el ámbito global, “la Revolución Industrial presentó la idea de que mediante la tecnología el ser humano es capaz de liberarse de las limitaciones impuestas por la naturaleza, con lo cual se modificó el propósito básico de la creación del hábitat” (Salazar J. A., 2011, pág. 7). La

forma, distribución de los espacios y materiales utilizados dejaron de estar condicionados por los elementos climáticos del lugar y ese tipo de arquitectura es la que hoy se ve en el territorio hondureño.

Pero a lo largo de la historia vemos que la arquitectura responde al clima local y nace de las condiciones del contexto; utiliza la vegetación como gran aliado para el confort térmico del usuario; utiliza un extenso conocimiento de los materiales variados de la zona; aprovecha la iluminación y ventilación natural y cruzada al máximo. Como se observa en las siguientes imágenes de la diversidad de estrategias para una vivienda:



*Ilustración 3: Arquitectura vernácula adecuada al clima: frío. Fuente: (Stassano Á. , 2010)*



*Ilustración 4: Arquitectura vernácula adecuada al material disponible: piedra. (Stassano Á. , 2010)*

## 2.1.2 VIVIENDA TRADICIONAL DE HONDURAS Y SUS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS



*Ilustración 5: Barrio El Bosque, Tegucigalpa.*

*Fuente: (Tribuna, Tegucigalpa, risas y llanto de sus múltiples caras, 2017)*

La **casa de adobe** se construyó en grandes cantidades durante los años 1900-1950 y hoy en día representa la casa tradicional de la zona centro de Honduras. Utilizando bloques de adobe de diversos tamaños, se cimenta y propaga la arquitectura de una ciudad de alto nivel económico. Las altas densidades de po-

blación llegando por la movilización migratoria desde el campo y el clima templado-frío de su tiempo, conformaron una tipología de casas arrimadas unas a otras.

Replegándose por todo el territorio hondureño, en la casa de adobe es donde surge el patio interno definido por la misma estructura de la casa. Como describe Ángela Stassano la vivienda histórica tradicional de Honduras (Stassano A. , 1997) a continuación: en su interior se crean jardines/huertos con especies de sustento alimenticio, medicinal y también de carácter ornamental, donde los árboles son primordialmente frutales. Ya en esta etapa las viviendas cuentan con sistemas de agua por tubería y de igual forma para la electricidad, como se pueden encontrar en el casco histórico de Tegucigalpa.



*Ilustración 6: La Ronda, Tegucigalpa.*

*Fuente: (Tribuna, Antiguas casas de la ciudad, 2019)*

Entre los aspectos de ventaja de esta vivienda es la alta durabilidad del material. Las casas que han recibido mantenimiento presentan buena apariencia superficial aún después de 70 años de vida. Es poco conocido que el adobe tiene propiedades térmicas que ayudan a la frescura del interior durante el día y permanece tibia durante la noche, debido a las cualidades refractarias. El techo, con estructura de madera, provee de mecanismos para contrarrestar los efectos de la radiación solar y normalmente no son forrados lo cual permite una mejor ventilación de la casa. Cuando en la cubierta es requerido una segunda capa de aislante, se coloca una manta la cual viene a enmarcar de mejor manera el espacio interno y proteger a sus ocupantes de insectos voladores. Los aleros de la casa tradicional de adobe son cortos, solamente de 30 a 40 centímetros de largo.

La luminosidad en cambio es media o poca, debido a la rigidez del tamaño de las ventanas y puertas. En cuanto al tamaño y forma, generalmente poseen 2 o 3 espacios cerrados y el mayor de ellos alberga el área multiusos (sala, comedor y ciertas veces cocina). Las áreas oscilan entre los 9m<sup>2</sup> y 20m<sup>2</sup>, para las habitaciones, y 20m<sup>2</sup> y 30m<sup>2</sup>, para la parte comercial o área multiusos. Al pasar los años se han agregado más habitaciones, conectándose por

puertas intermedias o por el patio trasero o interior. Una particularidad es que la vivienda se asentase en un terreno de esquina, la puerta principal se coloca invariablemente en ésta. (Stassano A. , 1997)

A continuación, se muestra una breve descripción de tipologías de vivienda de adobe en el Municipio de Ojojona, Francisco Morazán donde se observa la diversidad de materiales empleados de la zona.

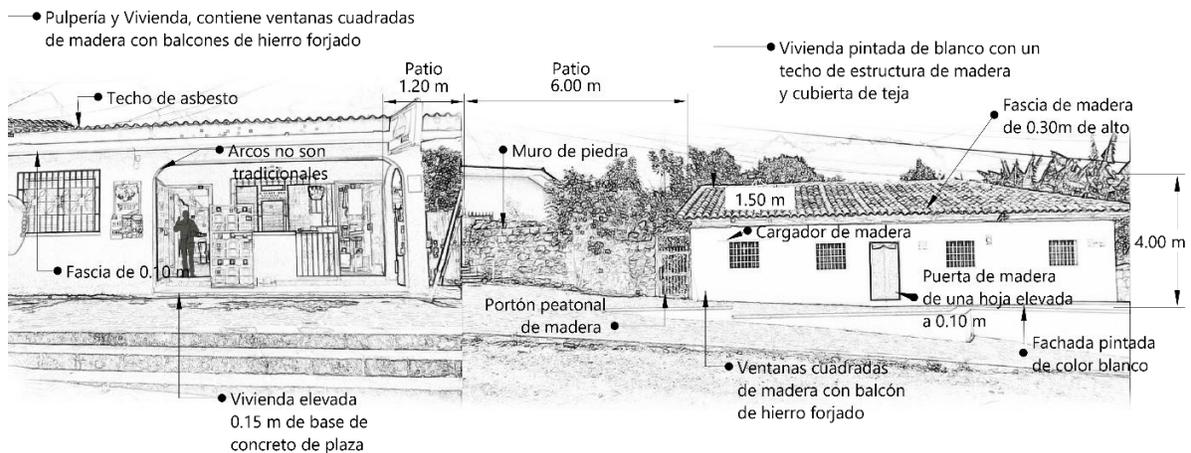


Ilustración 7: Perfil urbano de viviendas locales de adobe en Ojojona. Fuente: (Nieto & Trejo, 2017)

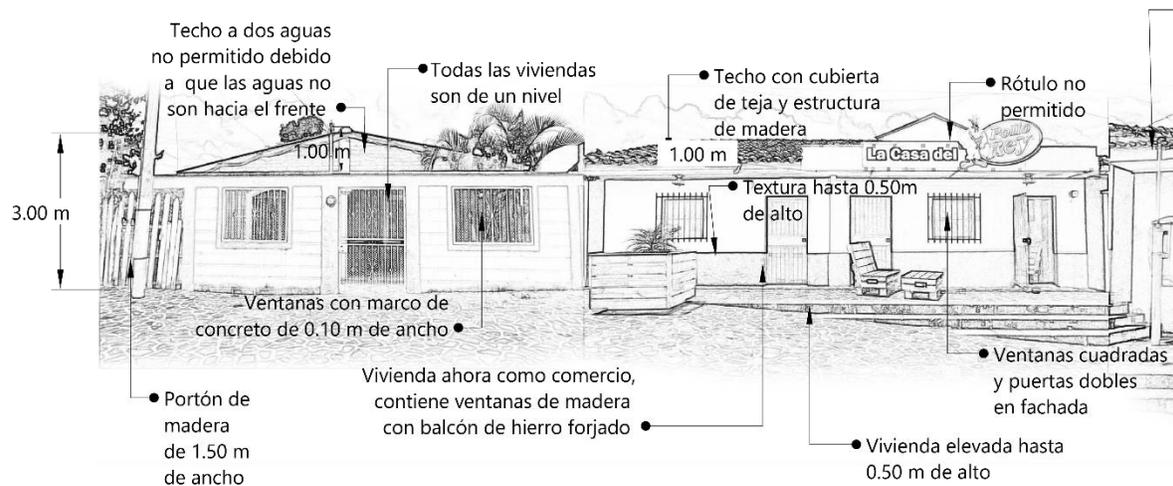


Ilustración 8: Perfil urbano de viviendas locales de adobe en Ojojona. Fuente: (Nieto & Trejo, 2017)

Todas las viviendas son de un solo nivel debido a la capacidad del área urbana para replegar estas viviendas y la dificultad del sistema constructivo para crecer verticalmente. Se

han insertado nuevas tecnologías y materiales para detalles constructivos en las tipologías, pero, la esencia y mayoría de parámetros históricos aún se logran percibir.



*Ilustración 9: Vivienda de la costa norte donde aleros protegen por completo las ventanas. Fuente: (Stassano A. , 1997)*

En la zona norte del país es de importancia agregar, que se dio una tipología de vivienda que responde a plenitud al clima tropical húmedo de la zona, las cuales, al llegar las compañías bananeras a esta zona vieron la necesidad de mecanismos de confort y ventilación. A finales del siglo XIX, la United Fruit Company entendiendole la seriedad de crear modelos de vivienda con estrategias para tratar el calor abrazador de

las zonas bananeras. Como describe esta tipología de viviendas bioclimáticas, Arq. Angela Stassano:

*"Típicos modelos de casas de madera de un nivel, con corredor frontal a todo lo largo de la fachada. El techo del cuerpo principal mantiene la misma forma triangular, dada por lo fuerte de su pendiente contrastando con lo suave del techo del corredor. La ventana de ventilación del cielo es de rejilla fija de madera y el resto de las ventanas son de tipo guillotina (las de tela metálica) y con batientes de madera sólida o enrejillado. En algunos casos se utilizan celosías de madera o barrotes fijos con tela metálica y zaranda. La cocina es generalmente un anexo posterior que no se puede apreciar desde el frente. Los barandales son sencillos y las casas se apoyan sobre polines o bases."* (Stassano A. , 1997)



*Ilustración 10: La casa Quiroz, profusa vegetación y coloridos detalles.*

*Fuente: (Stassano A. , 1997)*

### **2.1.3 COMPLEJO TECHOS VERDES**

Con los avances tecnológicos de siglo XXI, pocos son los aportes que Honduras ha realizado en beneficio de la vivienda nacional en términos de energía sostenible y confort humano. Hoy en día en San Pedro Sula, Honduras se reflejan los mejores ejemplos de arquitectura tropical bioclimática, los cuales han logrado anteponerse a un clima caluroso húmedo y ante una arquitectura estandarizada e ineficiente. Bajo la gestión de la Arq. Angela Stassano fue impulsado el concepto de arquitectura bioclimática y uno de los aportes más sobresalientes del país en dicho tema, el Complejo de Plaza Comercial Bioclimática Techos Verdes. Se terminó de construir en octubre de 2006 con el propósito de enseñar la armonía con la naturaleza, abierto y accesible hacia todos, donde se realizan investigaciones y se experimenta el desarrollo de comunidades conscientes.



*Ilustración 11: Mapa del complejo Techos Verdes. Fuente: (TechosVerdes, 2006)*



*Ilustración 12: Laboratorio bioclimático Techos Verdes.*

*Fuente: (TechosVerdes, 2006)*

En el complejo se contemplan numerosas edificaciones experimentales que están en uso actualmente. La elevación del nivel de piso terminado es una de las estrategias para enfriar su asentamiento, se utilizan estructuras de metal o simplemente llantas de automóviles recicladas recostadas en su basamento. Las ventanas son sombreadas por la cubierta o por la misma volumetría de la edificación, de esa manera, el sol no penetra directamente en su interior. Se observan los grandes aleros en las tipologías los cuales resaltan como una de las características principales, así como de mayor estudio, debido a que la cubierta es la que recibe la mayor exposición al sol durante el día. La implementación de diversos materiales y acabados brindan la belleza estética del lugar, rasgo que se deteriora en las ciudades debido a las construcciones masivas de viviendas y el desconocimiento constructivo de los edificadores.

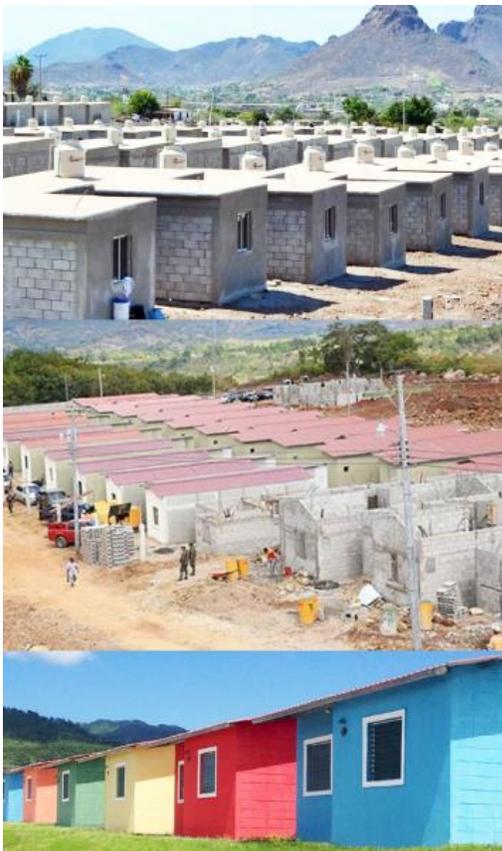


*Ilustración 13: Dormitorio bioclimáticos Techos Verdes.*

*Fuente: (TechosVerdes, 2006)*

## **2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA**

La transformación del clima que ha tenido Honduras y sus ciudades más sobresalientes en los últimos años no es un caso desconocido a nivel nacional como a nivel mundial. Según (ONU, El cambio climático es más mortal que el coronavirus, 2020): “En 2019, las condiciones más secas de lo normal en el Corredor Seco de América Central y el Caribe provocaron incendios forestales... con efectos adversos en el desarrollo de los cultivos, y contribuyeron a la desecación de algunos ríos en Honduras”. La densa bruma de los incendios forestales afecta principalmente al Distrito Central, compuesto por Tegucigalpa y Comayagüela. Según la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), Tegucigalpa registró 152 quemas que dañaron más de 4,998 hectáreas de bosques en el primer cuatrimestre del 2020. (Forbes, 2020) debido a las altas temporadas de sequía en los últimos años.



*Ilustración 14: Proyectos de Vivienda actual en Tegucigalpa.*

*Fuente: (ProHonduras, s.f.)*

La Constitución de la República de Honduras concebida en 1982, reconoce el derecho a la protección de la salud en el artículo 145, y manifiesta que es “deber de todos participar en la promoción y preservación de la salud personal y de la comunidad”, así como del Estado la conservación del medio ambiente adecuado. Ante la ausencia de normativas que contemplen criterios climáticos relevantes en la expansión de la mancha urbana y tomando en cuenta que la bioconstrucción se enfoca en buscar respuestas al clima del lugar para proporcionar un mayor confort con un menor gasto energético, apunta a una gran herramienta para el bien común.

El sector residencial es el mayor consumidor de energía eléctrica en Honduras y por la minoría de industrias en la zona centro, en el 2016 el 39.70% de consumo energético perteneció al sector residencial. Pero con proyectos destacados en el rubro residencial haciendo partícipe a la comunidad, (Flores, 2018, pág. 71) demuestra que: “el uso eficiente de la energía tiene impactos positivos significativos en el medio ambiente y en la economía nacional, y que además se cuenta con dos importantes experiencias en proyectos de eficiencia energética en el sector residencial, uno en 1998 y otro en 2008-2009”. El proyecto de 2008-2009 tuvo un costo de 10,2 millones de dólares y su implementación logró un ahorro estimado de 210 GWh/año.

Aterrizando en los problemas asimilados por las viviendas de los capitalinos, se menciona la inapropiada e insalubre percepción de bienestar donde desenvuelven sus actividades las

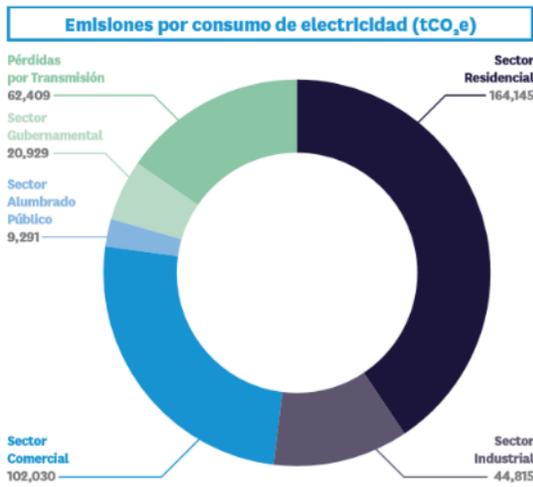


Ilustración 15: Emisiones por consumo de electricidad (tCO<sub>2</sub>e).

Fuente: (Terraza, Viguri, & Barragan, 2015, pág. 121)

familias. Esto debido al escaso intercambio de oxígeno interior-exterior del sistema de acondicionamiento de la vivienda, siendo vital expulsarlo en su totalidad hacia afuera cada hora en promedio. Los fenómenos naturales en la ciudad causan dificultad en el apropiado funcionamiento de la vivienda por falta de contacto con la ventilación natural (lo que resta por la propagación de CO<sub>2</sub>) y un inconveniente cambio de ambiente térmico debido al imponente sol tropical; por lo tanto, es frecuente la generación de microclimas artificiales no favorables para el ser humano.

El incremento acelerado de consumo energético es impulsado por métodos de acondicionamiento activo, como aire acondicionado y calefacción, para contrarrestar las altas y bajas mediciones del clima tropical de Tegucigalpa.

Es imperativo mencionar que estas prácticas provocan un bajo desenvolvimiento cotidiano, repercutiendo en la productividad doméstica y laboral de los habitantes. La salud siendo afectada de manera más notoria en consecuencias económicas, como en el rendimiento de los asalariados en sus trabajos y la excesiva energía necesaria para el funcionamiento de los sistemas activos.

## 2.2.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Por medio de los problemas puntuales se puede potencializar la importancia del enfoque de la arquitectura bioclimática para mejorar la calidad de vida de los habitantes y aportar al adecuado consumo energético colectivo. Según el artículo del Diario La Prensa (Prensa L. ,

2016) Tegucigalpa se posiciona en el puesto número 186 de 230 ciudades en cuanto a calidad de vida, la tercera más deficiente de América Latina. Realizado por la consultora Mercer, el informe permite a las empresas multinacionales contar con la información y recomendaciones sobre las condiciones de las ciudades a las que envían a sus empleados. Este tipo de indicadores son fundamentales debido a que permite conocer el contexto al que son expuestos los trabajadores a lo largo de su día consecuentemente afectando en la economía de las organizaciones.

De esta forma existen los problemas ocasionados por el alto **consumo energético** debido al aislamiento climático de construcciones realizadas de forma masiva en Tegucigalpa. La diversidad de temperaturas en la región provocada por los cambios climáticos y la topografía han ocasionado que la población implemente el uso de aires acondicionados como

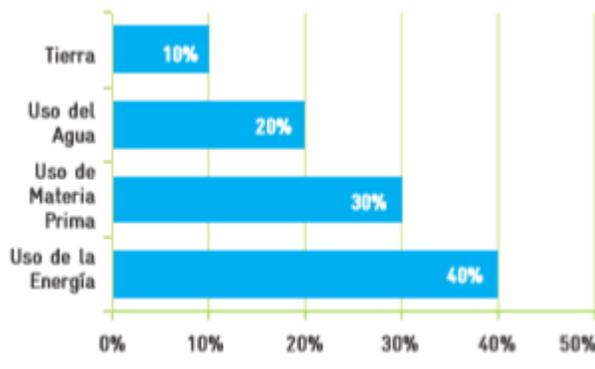


Ilustración 16: Distribución en la utilización de recursos en las construcciones. Fuente: (Shroeer, 2013)

primera estrategia para el confort térmico.

El sector de la construcción de igual forma representa un rubro creciente en que su ejecución conlleva gastos energéticos de alta magnitud a nivel nacional. Dichos fenómenos demuestran que los efectos del clima afectan de manera económica a toda la población independientemente de la zona en la que vivan.

Las edificaciones en Honduras no son eficientes en términos energéticos. Para muestra se puede enumerar algunos yerros en este sentido (Shroeer, 2013):

- Una mayoría abrumadora de edificaciones no cuenta con equipo de generación de energía in-situ a través de medios sostenibles.
- La utilización del aislamiento térmico es marginal y su selección y forma de uso no es entendido por gran parte de constructores y usuarios.
- La mayor presencia de ventanas en Honduras es del tipo "celosía", las cuales dejan entrar el calor al interior de las edificaciones lo que produce que los aires acondicionados (A/C) operen durante mayores períodos de tiempo.

- 
- La orientación de la edificación respecto al sol es una condición descuidada y soslayada tanto por arquitectos como por constructores.

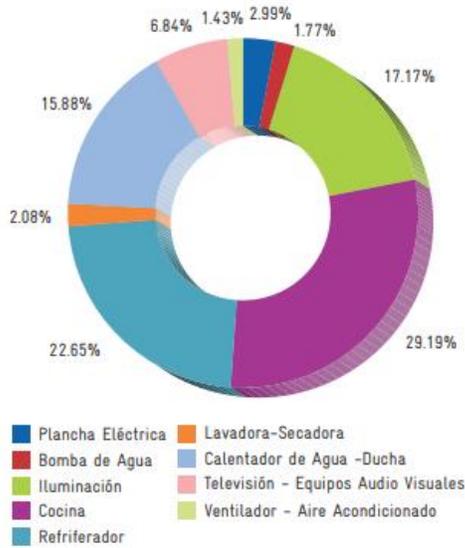


Ilustración 18: Consumo de electricidad en función de la tipología de equipos presentes en el sector residencial.

Fuente: (Shroeer, 2013)

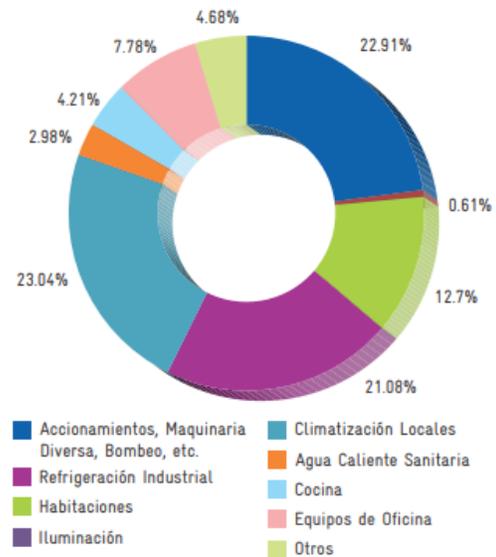


Ilustración 17: Consumo de electricidad en función de la tipología de equipos presentes en el sector comercial.

Fuente: (Shroeer, 2013)

La problemática de **ambientes artificiales** y enfermos del interior de las viviendas en Tegucigalpa que se contraponen al exterior de ellas, producen malestares en el confort higrotérmico de sus habitantes. En los climas de las regiones de latitud media se muestran patrones diarios donde la radiación solar y la temperatura del aire exterior se relacionan con las temperaturas interiores del aire del edificio. La Organización Mundial de la Salud define salud como "el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones y enfermedades", por otra parte, se puede describir el confort como el estado físico y mental en el cual el ser humano expresa satisfacción con el medio ambiente circundante. Por lo tanto, los parámetros de confort en ambientes para el ser humano se definen como:

PARÁMETROS DE CONFORT	RANGOS
Temperatura del ambiente	Entre °17 y °27

▪

Humedad relativa	Entre 30 y 70%
Velocidad del viento	Entre 0.2 y 0.5 m/s

“En su informe de 1984, la Organización Mundial de la Salud, señala que más de 10% de las enfermedades del aparato respiratorio se debe a los diseños inadecuados de las edificaciones. Este informe señala a los arquitectos como responsables directos de la salud de los usuarios de sus construcciones” (García & Victor, 1985, pág. 82)

La arquitectura contemporánea busca a mayores escalas responder a las necesidades estéticas, sin considerar los conocimientos más lógicos y simples que permiten crear un espacio vital. En Honduras, las construcciones de edificios y casas se han olvidado mayoritariamente de diseñar en base a la ubicación del sol, la ventilación adecuada, la iluminación conveniente y consecuentemente, se pierde la identidad que provee las necesidades de la región. Los avances tecnológicos en la construcción se envuelven de concreto, vidrio y asfalto, en las zonas prosperas, y de madera, adobe y lámina de asbesto, en las áreas marginales, lo cual repele la vegetación y consume energía de manera descuidada. Una casa que se construye en Tegucigalpa debe ser distinta a una de San Pedro Sula o La Ceiba. En lugares específicos como la costa norte, con climas cálidos, se han levantado acristalamientos tipo invernadero que tienen que ser enfriados permanentemente, con aire acondicionado, lo que provoca un enorme consumo energético. Una de las principales ventajas de construir con diseños bioclimáticos es la reducción de generación de energías, la cual propondría hacer ventajas más pequeñas para iluminación y ventilación, bien orientadas y protegidas del sol.



*Ilustración 19: Centro Cívico Gubernamental, Tegucigalpa. Fuente: (Prensa, 2020)*



*Ilustración 20: Vivienda en colonia Fuerzas Armadas, Comayagüela. Fuente: (TECHO, 2018)*

Sin embargo, en el sector de construcción predomina el bloque de concreto con 74.9% en compra de materiales de construcción de Honduras, el ladrillo con 7.4% y otros materiales con 17.7% (adobe, piedra, madera, vidrio y adobloque), de acuerdo con una encuesta tri-



*Ilustración 21: Proyectos habitacionales en Honduras. Fuente: (Hondudiarío, Hondudiarío, 2020)*

mestral del Banco Central de Honduras (BCH) (Rodriguez L. , 2017). En cuanto a los materiales usados para el techado de las construcciones, la encuesta del BCH demuestra que la mayoría de las obras usan lámina de aluzinc en un 83%, la plancha de concreto con un 10.7% y materiales restantes como lámina de fibrocemento, teja, zinc y shingle con 6.3%. De acuerdo con las estadísticas, la produc-

ción en masa de edificaciones de bloque de concreto y lámina de Aluzinc están desperdiçando la enorme tradición arquitectónica que posee el país debido a su "facilidad para construir, versatilidad y resistencia".

▪

Para saber si el confort térmico es adecuado en los hogares a estudiar, se utilizó el método Fanger que pretende evaluar el alcance del confort térmico medio. El cual, considerando las variables necesarias de un ambiente, como oficinas, industria o vivienda y el porcentaje de personas insatisfechas en dichos espacios. Estas variables utilizan datos como nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire. Al ingresarlas en la página web de Ergonautas, se verificó que la situación ambiental es inadecuada en tres viviendas puestas a prueba, donde el rango adecuado debe estar entre -0.5 y 0.5.

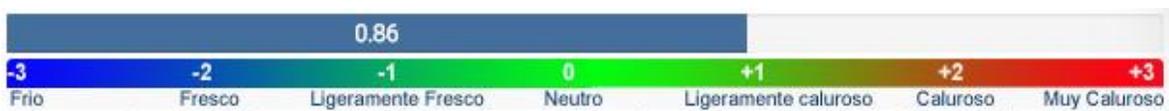


Ilustración 22: Resultado de Voto Medio Estimado

(UPV, s.f.)

De igual manera, el porcentaje de trabajadores insatisfechos en los espacios evaluados alcanzó 20,61% insatisfechos y 79,39% satisfechos.

Los problemas anteriores contribuyen, de esta forma, al **deterioro ambiental** sistemático de la región. La construcción ineficiente de viviendas desligadas parcial o totalmente a los recursos naturales disponibles de la zona y utilización de materiales finitos que contribuyen a la propagación de CO<sub>2</sub>. Esto, a pesar de que Honduras posee una basta diversidad de recursos naturales según el Perfil Ambiental de País de la Delegación de la Unión Europea en Honduras. Al igual que muchos sectores ambientales no se ha visto en su contribución efectiva al desarrollo económico y social del país, debido a causas relacionadas al:

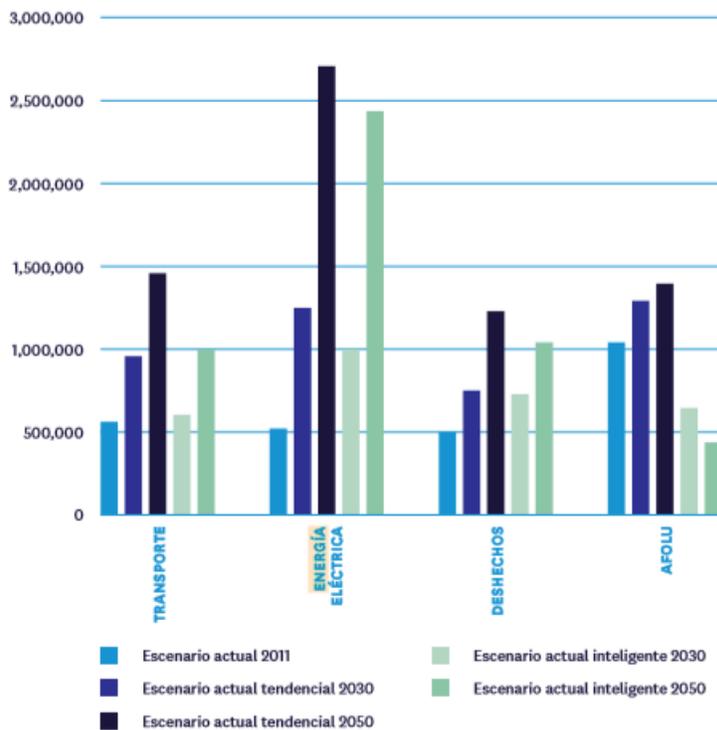
- Inseguridad jurídica
- Falta e insuficiente información acerca de la capacidad biológica
- No se valoran, ni contabilizan los bienes y servicios ambientales

(Palerm, Florez, & Nusselder, 2013, pág. 27)

En cuanto a Tegucigalpa se puede ver la falta de interés colectiva por los recursos naturales como en el deterioro del Río Choluteca el cuál es el segundo río más contaminado del país. Después del paso del Huracán Mitch por la capital, surgieron efectos severos en el

factor de riesgo de la vulnerabilidad y biodiversidad. A esto sumándole el desinterés por el recurso natural disponible dentro de la ciudad como los vientos creados por la cantidad de edificios en el área metropolitana. Agregando a ese porcentaje, la zona rural es la que alberga más porcentaje de proyectos para sistemas renovables.

El Distrito Central "...contempla las emisiones de tres gases, cada uno con un potencial distinto para afectar el clima: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de Nitrógeno



(NO<sub>x</sub>)" (Terraza, Viguri, & Barragan, 2015). Las emisiones de estos gases provienen de cuatro sectores alarmantes de la capital iniciando de forma jerárquica por: sector energía, sector transporte, sector desechos y sector silvicultura. La administración y producción de la energía en la zona central de Honduras representa un efecto significativo en el cambio climático. De modo que se crea un ciclo constante de causa y efecto entre ambas variables dentro de la ciudad.

Ilustración 23: Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes (tCO<sub>2</sub>e) para escenarios por sectores.

Fuente: (Terraza, Viguri, & Barragan, 2015)

El siguiente mapa muestra como la ciudad de Tegucigalpa avanza hacia un calentamiento ambiental y por lo tanto sequía extrema, por motivo de falta de preocupación por parte de sus habitantes hacia el medio ambiente y utilización apropiada de los sistemas energéticos.

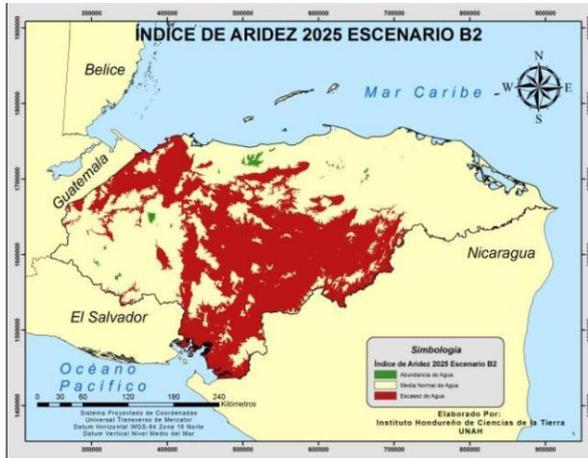


Ilustración 24: Índice de aridez para el año 2025.

Fuente: (UNAH, 2012)

El siguiente esquema demuestra como el rubro de la construcción es un alto generador de contaminación y cambio climático al no efectuarse eficientemente o estrategias amigables al medio ambiente.

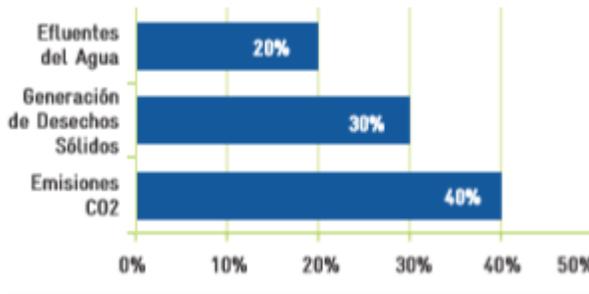
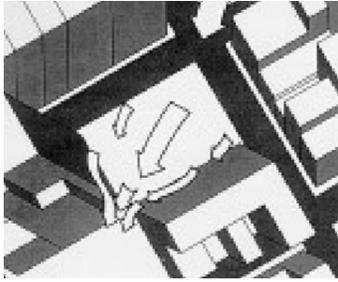


Ilustración 25: Distribución de las emisiones contaminantes provenientes de la construcción.

Fuente: (Shroeer, 2013)

No obstante, en la ciudad se han descubierto numerosas fuentes de energía renovable como lo son las aceleraciones del viento debido a la morfología de la ciudad. Estos se describen como el efecto vórtice, efecto esquina, efecto torre, el conocido efecto Venturi, funcionando de manera urbana y otros más.



*Ilustración 26: Vista periférica de efecto Venturi en edificios.*

*Fuente: (López, 2003)*

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Organizar y representar, dentro de seis meses, una guía de lineamientos de acondicionamiento pasivo en base a una región climática de Tegucigalpa que brinde el conocimiento a arquitectos y especialistas de ingeniería de las ventajas y desventajas económicas de una buena relación microclima-edificación.

### **2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un manual para la evaluación de espacios interiores en base a un estudio de caso de Tegucigalpa que muestre los beneficios económicos.
- Impulsar el potencial de los sistemas de acondicionamiento pasivo en la vivienda para responder de manera más ergonómica al confort de los usuarios y al uso óptimo de los recursos naturales.
- Promover el sentido de apropiamiento y ambiental a través de la utilización de materiales alternos para la construcción de viviendas que reduzcan el efecto contaminante.

## 2.5 JUSTIFICACIÓN

Según el Plan Estratégico de Gobierno 2018-2022 del país, se busca el crecimiento económico por medio de directrices como: "Sostenibilidad ambiental: El crecimiento y desarrollo económico debe estar en armonía con el medio ambiente. Esto implica el compromiso de conservación de los recursos naturales, en la toma de decisiones" (Gobierno, 2018, pág. 14), se debe considerar el desarrollo del sector ambiental de la capital como factor imprescindible para el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y base fuerte donde se plantará la economía actual y futura.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible se aprobó y adoptó en el 2015 por los dirigentes de 193 países, incluyendo Honduras en la cumbre de las Naciones Unidas. Para los 15 años siguientes los países se proponen intensificar los esfuerzos para poner fin a la pobreza en todas sus formas, reducir la desigualdad y combatir contra el cambio climático, haciendo participe a la mayoría de las partes una sociedad (NU, 2016); de esa forma, se promueve la prosperidad, al tiempo que se protege el planeta. El desarrollo del "Manual de Acondicionamientos Pasivos" proyecta divulgar la importancia de los objetivos 3 y 7, correspondientes a "Salud y Bienestar" y "Energía Asequible y No Contaminante" respectivamente



Ilustración 27: Agenda 2030.

Fuente: (ONU, La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2018)

Sustentándose en lo anterior, los Objetivos de Desarrollo Sostenible fijan su implementación y cumplimiento en Honduras por medio de una participación en conjunto, entre los gobiernos y los diferentes sectores de la sociedad. Y tomando en cuenta que, los modelos propuestos de sociedad por (Gonzalo, 2003, págs. 28-29) donde muestra que, a lo largo de la historia, la evolución en las relaciones hombre-ambiente es la que mejor presenta características en cuanto a participación. Fortalecer las relaciones que se dan entre sociedad (familias, grupos, organizaciones, Estado), naturaleza y cultura construyen una sociedad informada e independiente, de acuerdo con los siguientes esquemas:

### SOCIEDAD - NATURALEZA - CULTURA



**SOCIEDAD:** población, instituciones, actividades

**NATURALEZA:** recursos naturales, reservas, infraestructura

Ilustración 28: Relaciones entre la sociedad, naturaleza y cultura. Fuente: (Gonzalo modificado, 2003, pág. 29)

ESQUEMA	CARÁCTERÍSTICAS
1.-Sociedad preindustrial y periurbana:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sometida a las aleatoriedades y determinaciones del medio natural.</li> <li>▪ Incipiente creación y almacenamiento de información.</li> <li>▪ Diferenciación y estructuración creciente de las relaciones sociales y ambientales (pero aun dentro de un marco de autorregulación de las mismas)</li> </ul>

▪

<p>2.- Sociedad urbano-industrial / organizacional:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aparecen mecanismos de retro alimentación positiva en las relaciones sociales y ambientales, por el aumento explosivo de conocimiento científicos y de tecnologías de producción y de explotación de los recursos naturales.</li> <li>▪ Efectos no previstos producidos por la complejidad y simultaneidad de interacciones socio ambientales, que ya no son posibles de abordar por la intuición y el saber convencional.</li> <li>▪ Niveles mayores de organización y modos de interacción cada vez más complejos.</li> <li>▪ Insumos crecientes de recursos físicos e informacionales.</li> </ul>
<p>3.- Sociedad informatizada:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo avanzado mundial fuertemente interdependiente e inductor de cambios sociales.</li> <li>▪ Posibilidad de caer en un regreso a un nivel de organización más primitivo.</li> <li>▪ Posibilidad de generar una nueva estructura de mayor nivel organizacional, incorporando las perturbaciones (en este caso las nuevas tecnologías, la internacionalización de la economía y el cambio social, por medio de un nuevo sistema que se diversifica y autoorganiza)</li> </ul>

*Tabla 1: Esquema de características de sociedades en relaciones de dominio.*

*Fuente: (Gonzalo modificado, 2003, págs. 28-29)*

Se considera que Tegucigalpa tiene características similares a la primera y segunda propuesta de sociedad, de acuerdo con los problemas planteados en el capítulo anterior, como la vulnerabilidad a los cambios ambientales siendo perseguida consecuentemente por los nuevos sistemas de organización ambiental del Estado. Pero Guillermo Enrique Gonzalo resalta las posibilidades para desarrollo al pertenecer a esa etapa en una sociedad subdesarrollada al afirmar:

*"...las sociedades en desarrollo pueden realizar más fácilmente que las desarrolladas los cambios necesarios para superar el modelo de sociedad consumidora y sometida a todo tipo de tentaciones impuestas en gran medida por los excedentes de las naciones desarrolladas y llegar a la sociedad de desarrollo autónomo, participativa y de irradiación espiritual planetaria." (Gonzalo, 2003, pág. 13)*

▪

Asimismo, se agrega que el Distrito Central con una tasa constante de crecimiento poblacional de 2.5% proyectada del 2020 al 2030 (Terraza, Viguri, & Barragan, 2015) inicia el plan de intervención de Tegucigalpa y Comayagüela dirigido por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que busca estrategias económicas y sociales para el desarrollo de dichas ciudades. Tomando como guía 5 criterios principales de los cuales, el “Criterio ambiental/cambio climático”, se relaciona a los otros cuatro, mostrando una interrelación del clima en los diferentes ámbitos de la sociedad. Al igual se emplea la elaboración de un Plan Estratégico para el ahorro de energía eléctrica enfocado en el sector residencial, factor indispensable para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en una ciudad.

Es debido a estos dos planes de intervención y de la potencialidad del sector residencial del Distrito Central como recurso de energías pasivas que se enfoca la guía hacia este sector específico. Tomando en cuenta que la calidad de los espacios en los que se desarrollará la vida diaria de los habitantes es la que se beneficiará, promoviendo de esta manera el incremento en las posibilidades económicas, sociales y de productividad como consecuencia del bienestar higrotérmico. Como resultado se fija la comprensión del aprovechamiento de los recursos climáticos de la ciudad (viento y radiación solar), de la misma manera como el fomento a los habitantes al sentido de apropiación de los bienes naturales intrínsecos.

▪

### III. MARCO TEÓRICO

En este marco teórico se buscará describir todos los conceptos vitales para el proyecto desde el porqué de su enfoque hasta los aspectos que se consideran como influyentes en su paso.

#### 3.1 CONCEPTUALIZACIÓN

- **Confort higrotérmico:** Puede definirse como el equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. La sensación se produce cuando se relacionan las condiciones de temperatura, humedad y movimientos de aire favorablemente durante la actividad que se desarrolla. Para ocurrir, depende de una serie de variables ya sean relacionadas al individuo (actividad que desarrolla, ropa, etc.) y el medio ambiente que lo rodea (temperatura, humedad y velocidad del aire) o bien los cerramientos exteriores. (Salazar J. A., 2011)
- **Arquitectura Bioclimática:** es aquella que toma como base principalmente la búsqueda del confort, el cual se relaciona directamente con la sensación de bienestar. Según (García & Víctor, 1985, pág. 87) los requerimientos bioclimáticos para brindar bienestar integral o confort higrotérmico al usuario en su hábitat son los siguientes:
  - Calefacción
  - Enfriamiento
  - Humidificación
  - Deshumidificación
  - Ventilación
  - Calidad del aire
  - Iluminación adecuada
  - Acústica adecuada
- **Eficiencia Energética:** “En términos prácticos, la eficiencia energética es utilizar menos energía para suministrar el mismo servicio. La eficiencia energética no es igual al concepto de conservación de la energía, la cual se refiere más bien en reducir o eliminar un servicio

▪

para ahorrar energía.” (Shroeer, 2013, pág. 9)

Tras haber aclarado los términos básicos que definen el enfoque de este estudio se puede aplicar el concepto de bioclimático en las viviendas de Tegucigalpa y entender su relación con la eficiencia energética. Se puede observar que los factores que hacen un espacio confortable en el diseño arquitectónico integral están relacionados primordialmente con el viento y el sol. Los 6 primeros factores están estrechamente ligados al viento y sol, por lo tanto, en la presente investigación se proyecta utilizar estrategias pasivas de diseño de ventilación natural y control solar. Acondicionar interiores, por lo tanto, se vuelve el enfoque principal de la investigación.

Para poder comprobar el nivel de confort que tienen los habitantes de las respectivas regiones climáticas de Tegucigalpa y al mismo tiempo, su relación con la eficiencia energética en el diseño se debe de considerar como un conjunto interrelacionado. Según el Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones en Honduras, la eficiencia energética en el contexto de diseño pasivo involucra medidas relacionadas con:

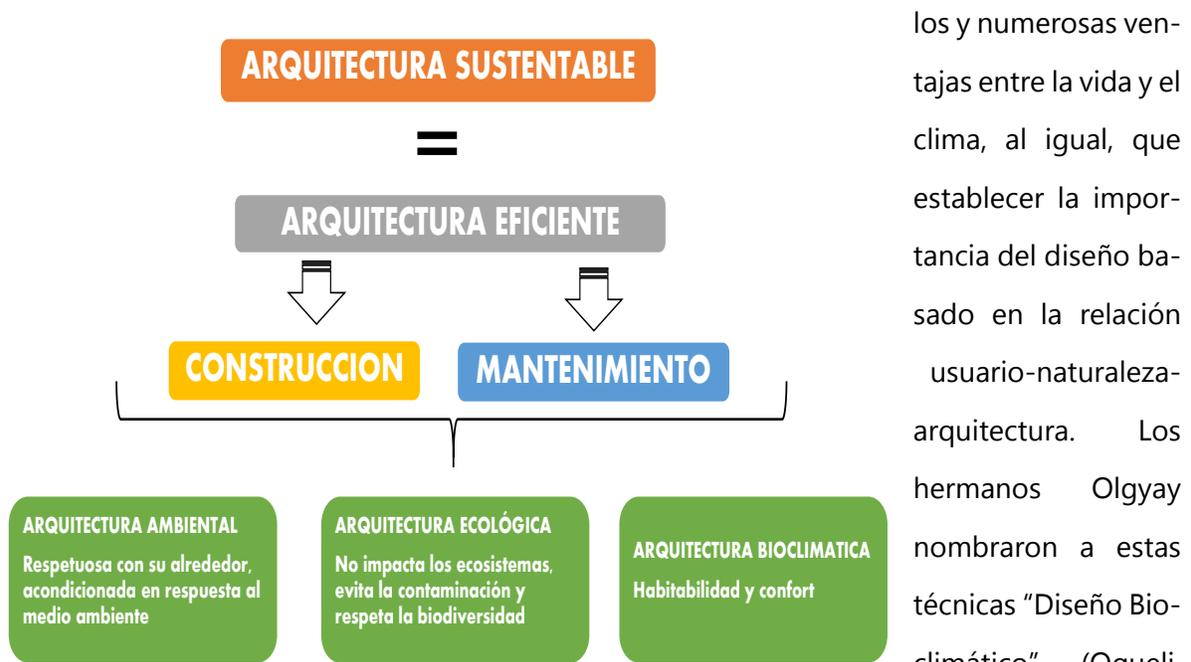
- **Orientación** de la edificación con el objeto de minimizar las ganancias de calor provenientes del sol y también maximizar la luz solar.
- **Diseño de las ventanas** para evitar ganancias de calor no deseadas y también para maximizar la luz del día.
- **Sombreado exterior** para ayudar a reducir las ganancias de calor provenientes de las ventanas.
- Selección de los materiales que formaran parte de la **envolvente** térmica del edificio.
- **Forma** de la edificación considerando las condiciones locales del clima.
- Adicionar alternativas de generación de **energía en el sitio** con fuentes renovables.
- Selección de **iluminación artificial** para la edificación.

Es decir que un espacio, al evaluarse con medidas de eficiencia energética, disminuye su confort en la vivienda al no cumplirse con la mayoría de estos determinantes. Al considerar estas variables se planea mantener un balance energético y térmico con cálculos donde se

resumen como, ganancias y pérdidas de calor en una edificación. Como se mostró anteriormente la importancia económica y social que representa el sector de la construcción en el país, el cual de acuerdo con la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción (CHICO) significa un 5% del Producto Interno Bruto del país.

### 3.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN HONDURAS

Durante la década de los sesenta inicia un concepto de diseño arquitectónico que responde a los requerimientos climáticos específicos. Dicho concepto trata de resaltar los vínculos



y numerosas ventajas entre la vida y el clima, al igual, que establecer la importancia del diseño basado en la relación usuario-naturaleza-arquitectura. Los hermanos Olgyay nombraron a estas técnicas "Diseño Bioclimático" (Oqueli,

Barahona, & Rodriguez, 2009)

*Ilustración 29: Ramificación de Arquitectura Sustentable.*

*Fuente: (López modificado, 2003)*

Como podemos ver en el esquema, se han desarrollado diferentes conceptos de arquitectura en su enfoque hacia la naturaleza. La arquitectura bioclimática es una de las ramas de la arquitectura sustentable, siendo la sostenibilidad una prioridad mayor en las sociedades desarrolladas de hoy. Esto se debe a la creciente sensibilidad ecológica y obtención de conocimientos climáticos por todos los entes de la sociedad.

▪

El crecimiento desmedido de las ciudades en el siglo XX y el auge global del Movimiento Moderno en arquitectura ocasionaron la transformación de las nuevas construcciones.

### **3.2.1 EL CLIMA EN HONDURAS**

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una región, abarca valores estadísticos durante un periodo representativo. (RAE, s.f.) De esta forma el Clima Tropical entre los trópicos son aquellos en los cuales el calor y la alta humedad son la característica dominante, por lo que los edificios en lugar de conservar calor tienen como función principal proporcionar frescor a sus ocupantes en la mayor parte del año. Diversos autores afirman que “el tipo de clima, junto con la herencia racial y el desarrollo cultural, constituyen uno de los tres principales factores que determinan las condiciones de la civilización” (Rodríguez, y otros, 2008, pág. 13)

La diversidad de climas en el país significa un aspecto positivo en cuanto al desarrollo general de la arquitectura de Honduras. Sin embargo, debe entenderse por parte de la población que las condiciones atmosféricas de un lugar dependen de que en una vivienda los muros sean pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas, con grandes vanos o pequeñas ventanas, de color oscuro o claro, etc. La vivienda puede cumplir con todas las características para ser un elemento protector y regulador que transforme la acción de los elementos ambientales de un lugar.

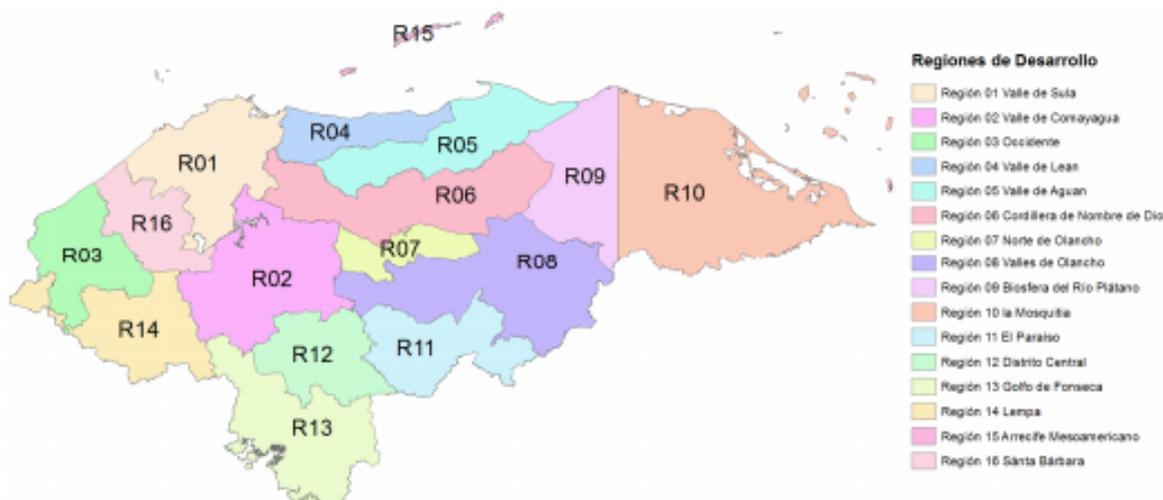


Ilustración 30: Regiones de desarrollo según Plan de Nación de la República de Honduras empleadas en los análisis de clima histórico y futuro. Fuente: (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018, pág. 15)

Región	Cuencas Hidrográficas	Subregiones
1. Región del Valle de Sula	Ulúa Chamelecón Motagua	1. Valle de Sula 2. Comayagua 3. Occidente
2. Región del Valle de Lean o Caribe Hondureño	Aguán Sico Paulaya	4. Valle de Lean 5. Valle de Aguán 6. Cordillera de Nombre de Dios
3. Región de la Biosfera	Patuca Plátano Coco o Segovia Warunta Nakunta Cruta Mocorón	7. Norte de Olancho 8. Valle de Olancho 9. Biosfera del Rio Plátano 10. La Mosquitia 11. El Paraiso
4. Región Sur	Choluteca Goascorán Negro Sampire	12. Distrito Central 13. Golfo de Fonseca
5. Región Lempa	Lempa	14. Lempa
6. Región de Arrecife Mesoamericano	Islas de la Bahía	15. Mesoamericano 16. Santa Bárbara

Ilustración 31: Regiones de desarrollo de la República de Honduras y cuencas que lo componen. Fuente: (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018, pág. 16)

Se han descubierto diversos sistemas de clasificación climática los cuales son "divisiones de los climas de la Tierra en un sistema mundial de regiones contiguas, cada una de las cuales está caracterizada por una uniformidad relativa de los elementos climáticos

(Meteoglosario, 2018). Estas herramientas nos permiten un entendimiento generalizado del clima en distintas zonas y por lo tanto anticipar las necesidades y el comportamiento del sitio.

Generalmente se utiliza el método convencional de subdividir las regiones entre caliente, templado y frío, pero consecuentemente no se llega a profundizar en las características precisas de la biodiversidad. La clasificación de Koppen, también conocida como Koppen-Geiger en 1900. "Identifica cada tipo de clima con una serie de letras que precisan el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan cada tipo de clima, así como su relación con la flora y fauna" (Salazar J. , 2013). Siendo así, este sistema ubica a la región latitudinal entre México y Brasil dentro del Clima Tropical, donde se ubica Honduras.



Ilustración 32: Mapa de Honduras con coordenadas.

Fuente: (GeoDatos, 2020)

Honduras se encuentra ubicado entre los 12°58' (desembocadura del Río Negro en el Golfo de Fonseca) y los 16°02' (Punta Castilla) de latitud Norte; y entre los 83°10' aproximadamente (extremo oriental de Gracias a Dios) y los 89°22' (Cerro Montecristo) de longitud Occidental. "El país Centroamericano puede dividirse en tres zonas climáticas: Las tierras bajas del Mar Caribe, las altas del interior y las bajas del Océano Pacífico. El clima se define

como tropical caluroso en las tierras bajas, y va cambiando gradualmente hasta llegar a templado en las tierras más altas” (SERNA, 2017)

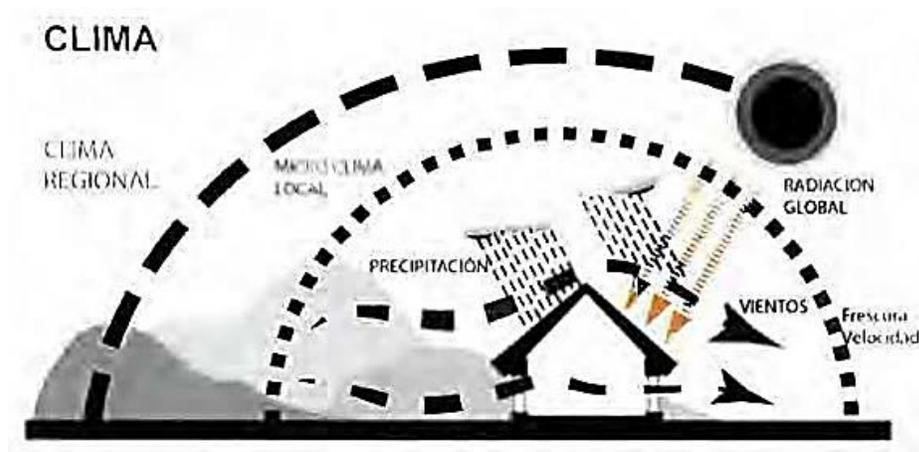
Características del Clima en Tegucigalpa	Valores Promedio
Temperatura del Bulbo Húmedo	17.9 °C
Temperatura Exterior	21.9 °C
Presión de Vapor	18.2 HPa
Punto de Rocío	15.9 °C
Nubosidad	5.0 Octas
Humedad Relativa	72.0 %
Dirección del Viento 360° Norte	287.0 NW
Máxima Velocidad del Viento	12.6 m/s
Número de Horas de Sol / Mes	209

*Ilustración 33: Valores promedio anuales del clima para la ciudad de Tegucigalpa.*

*Fuente: (Shroeer, 2013)*

Según (Dinerstein et al., 1995) en Honduras se encuentran 3 de las 5 biorregiones y de los 11 hábitats más importantes de Latinoamérica, que corresponden a las siguientes biorregiones: Bosque Montano de América Central y Bosque del Atlántico de América Central, Bosque seco del Pacífico de América Central, Bosque de Pino-Roble de América Central, Humedales Caribe y Pacífico de América Central, de acuerdo con la metodología de Holdridge

### 3.2.2 MICROCLIMA DE TEGUCIGALPA Y ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE



*Ilustración 34: Principales elementos que influyen en el diseño arquitectónico.*

*Fuente: (Salazar J., 2013)*

El análisis de las condiciones climáticas con fines arquitectónicos se puede realizar en dos niveles básicos: macro climático y micro climático. Los estudios macro climáticos son los que se realizan a una región, pudiendo ser global o de país; mientras que los estudios micro climáticos determinan al clima de un lugar específico (Rodríguez, y otros, 2008). Se puede decir por lo tanto que el microclima es una condición uniforme distribuida sobre un área, la cual se deriva de la pertenencia de un lugar a una región determinada, siendo los datos más importantes que le afectan: las temperaturas, la pluviometría, la radiación solar incidente, la dirección del viento predominante y la vegetación. (Olgay, 1998)

Se utilizará la metodología de Leslie Holdridge para determinar el microclima de Tegucigalpa. Primeramente, nombrado "Sistema Simple para la Clasificación de las Formaciones Vegetales del Mundo", luego se amplió para cambiar el concepto de formaciones vegetales por el de zonas de vida. Sus investigaciones no solo afectan a la vegetación sino también a los animales y, en general, cada zona de vida representa un hábitat distintivo desde el punto de vista ecológico y en consecuencia un estilo de vida diferente.

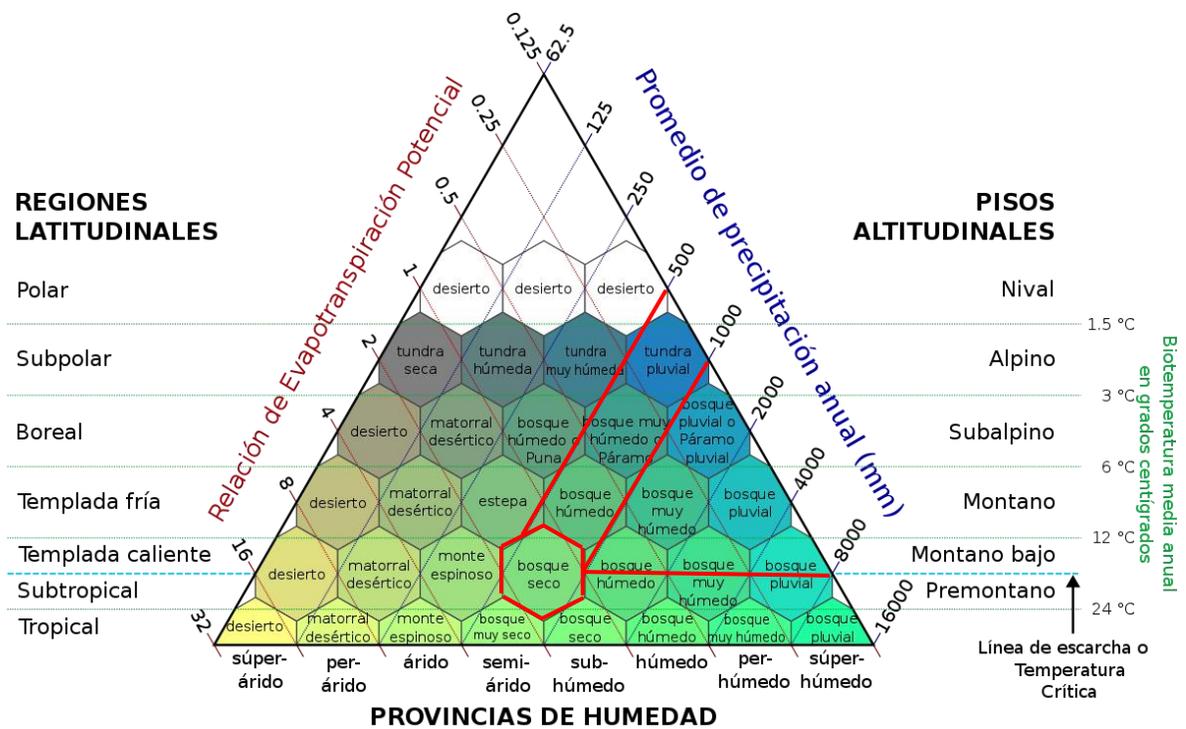
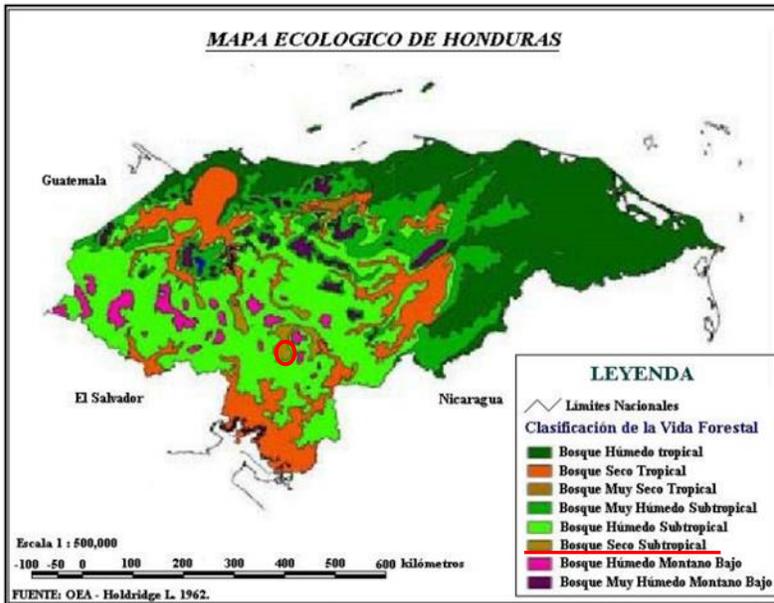


Ilustración 35: Diagrama para la Clasificación de Zonas de Vida o Formación Vegetal del Mundo L.R. Holdridge. Fuente: (Porras, 2012)

Según Holdridge (1962) en Honduras existen siete zonas de vida bien diferenciadas. Cada zona de vida tiene una descripción que incluye ubicación, clima y las especies forestales predominantes, así como los usos más apropiados de los suelos.

Símbolo	Formación Ecológica	Superficie (ha)	Porcentaje
Bh-ST	Bosque húmedo sub tropical	4,058,750	35.4
Bh-T	Bosque húmedo tropical	3,273,900	29.0
bs-T	Bosque seco tropical	1,722,800	15.2
Bmh-ST	Bosque muy húmedo sub tropical	1,607,850	14.1
bh-MB	Bosque húmedo montano bajo	298,150	2.6
Bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	243,300	2.1
Bms-T	Bosque muy seco tropical	34,750	0.003
	<b>TOTAL</b>	<b>11,410,400</b>	<b>100.0</b>

Ilustración 36: Clasificación de Tierras en Honduras (1962). Fuente: (Mairena & Hernández, 2005, pág. 19)



**Mapa 1. Mapa de zonas de vida de Honduras según Holdridge.**

*Ilustración 37: Mapa de zonas de vida de Honduras según Holdridge. Fuente: (Duery, 2001, pág. 19)*

Hoy en día el tamaño de los microclimas de Honduras y su clasificación han cambiado debido a las extensiones de las urbes y el impacto del ser humano sobre el medio ambiente. Por ejemplo, el bosque seco subtropical "se calcula que su área original era de 159,000 has. pero en el Estudio de Ecosistemas del país en el 2001 solo se encontraron alrededor de 2000 has. La pérdida del 98.8% de este ecosistema en el país ha pasado casi inadvertida" (House, 2008).

▪

### 3.2.2.1 BOSQUE SECO SUBTROPICAL

“El bosque seco tropical, bosque seco subtropical, selva baja caducifolia son varios de los nombres con los que se conoce al bosque seco. Se llama bosque seco porque tiene una época seca de seis o más meses en el año, en la que muchos de sus árboles botan sus hojas, para luego rebrotar en la época de lluvia” (Duery, 2001, pág. 8). Dichas estaciones representan un amplio periodo de limitación hídrica donde las especies de vegetación para evitar que los agobiantes meses de sol y poca agua afecten su bienestar, entre diciembre y mayo, se deshacen de sus hojas para lograr que la pérdida de humedad que albergan sea menor.



*Ilustración 38: Bosque seco subtropical de Tegucigalpa. Fuente: (House, 2008)*

Según (Duery, 2001, pág. 20) el bosque seco del sur y de los valles interiores de Honduras, constituye una zona de vida con características biológicas y sociales muy particulares:

- Ya no existe bosque seco primario, ni áreas extensas de bosque para el manejo forestal convencional.
- Lo que queda es un mosaico de milpas, guamiles, potreros y pequeños bosques

▪

(un "agroecosistema"), donde gran parte del germoplasma arbóreo se conserva en la forma de tocones vivos, bancos de semillas en el suelo y árboles dispersos.

- La diversidad arbórea que queda en él contiene muchas especies que pueden contribuir al bienestar económico de la población rural.
- La población rural, margina a las laderas, se caracteriza por altos niveles de crecimiento poblacional, pobreza, desigual distribución de tierras y baja rentabilidad agrícola.
- La población rural en las laderas depende de la agricultura de subsistencia y de la recolección de productos arbóreos, principalmente para el consumo doméstico.

Las mejores muestras del bosque seco subtropical se encuentran en los alrededores del Distrito Central, en las zonas rurales, donde la urbanización no ha afectado desmedidamente el ecosistema. Como se muestra en los siguientes gráficos los hábitos socioambientales de la población en un bosque seco subtropical en Honduras muestran similitudes en Colombia como en México.

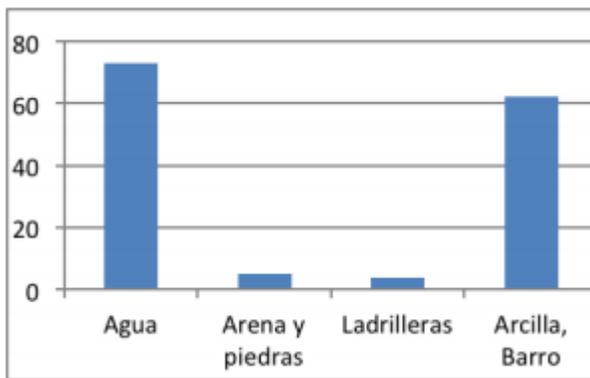


Ilustración 39: Materiales para viviendas en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016)

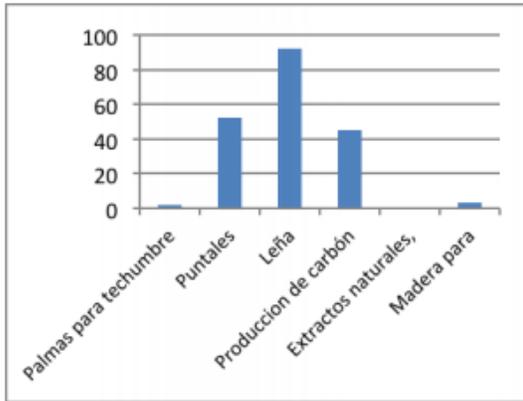


Ilustración 40: Utilización de recurso forestal en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016)

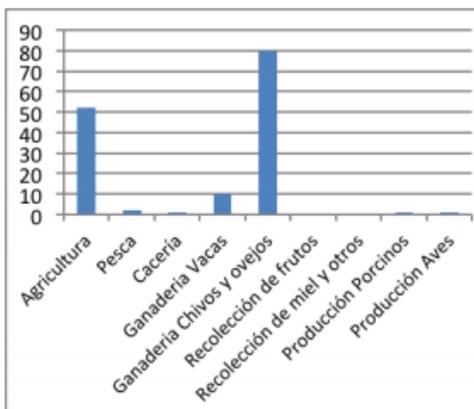


Ilustración 41: Obtención de alimentos en Bosque Seco Subtropical. Fuente: (Arteta & Lazaro, 2016)

Asimismo, el hábitat ideal para muchas especies de fauna en México representa la vida del bosque seco tropical como:

*“el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el armadillo (*Dasyopus novemcinctus*) y el mapache (*Procyon lotor*). Grandes felinos como el puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*). Las aves representativas de este ecosistema son la guacamaya verde (*Ara militaris*), el trogón citrino (*Trogon citreolus*) y la chachalaca pálida (*Ortalis poliocephala*). Entre los reptiles sobresalientes del bosque seco está la iguana verde (*Iguana iguana*)”* (Ramirez, Delgado, & Rico, 2018)

En Mesoamérica según las comparaciones de vegetación de (Duery, 2001, pág. 17), el ecosistema de bosque subtropical de Honduras es similar a las parcelas de México que colindan con la parte pacífica del continente (Oaxaca, Guerrero y Jalisco), particularmente Chamela, Jalisco. En Centroamérica, en Costa Rica se encuentra el área de bosque seco mejor

conservado del nuevo mundo, en el "Área de Conservación de Guanacaste". El bosque seco es el más severamente dañado de todos los grandes tipos de hábitats tropicales. Antes, los bosques secos constituían la mitad de los bosques maderables del mundo; hoy en día sólo quedan el 0.02%.



*Ilustración 42: Ubicación de Chamela, Jalisco, según la clasificación climática de Köppen.*

*Fuente: (Del Toro, 2009)*

En la imagen anterior se muestra marcado en rojo Chamela, Jalisco, donde se observa un ecosistema similar al de Tegucigalpa y que de igual forma puede catalogarse como "semi-seco templado".

### 3.2.1.1 ELEMENTOS DEL CLIMA

La **temperatura** es la sensación que nos permite conocer el nivel de energía térmica con que cuenta un cuerpo. Las partículas que poseen los cuerpos se mueven a una determinada velocidad, por lo que cada una cuenta con una determinada energía cinética. El valor medio de dicha energía cinética está directamente relacionado con la temperatura del cuerpo. (FISICALAB, s.f.) Este elemento es modificado por diferentes factores, como la inclinación de los rayos solares, la dirección y la fuerza del viento, la latitud y la altura sobre el nivel del mar. Cabe mencionar que para el ser humano la sensación de calor, a una misma temperatura, puede ser percibida por humedad del aire, la fuerza del viento, la existencia de sombra que cubre el sol, etc. Esto para analizar el confort y para fines arquitectónicos. (Salazar J. , 2013).

Debido a la posición geográfica tropical de Honduras, la temperatura es homogénea durante todos los meses. Los climas tropicales se representan en los climogramas con pocas

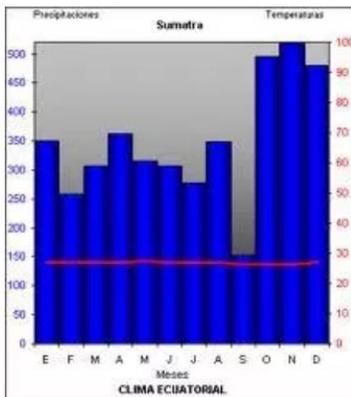


Ilustración 45: Climograma para climas cálidos húmedos. Fuente: (Suarez, 2012)

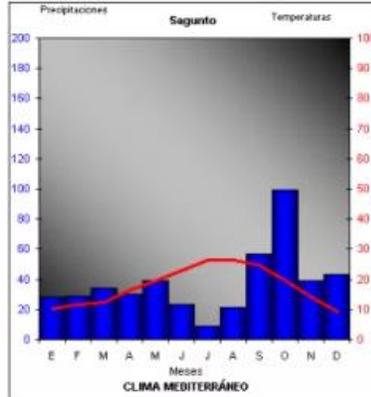


Ilustración 44: Climograma para climas templados. Fuente: (Suarez, 2012)

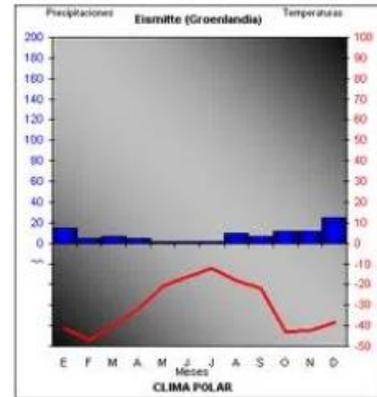


Ilustración 43: Climograma para climas fríos. Fuente: (Suarez, 2012)

variaciones en ascendencia y descendencia, como se muestra en la siguiente imagen donde se representan los registros de temperatura en un año en rojo. Las siguientes ilustraciones muestran los esquemas básicos para el clima templado, con temperaturas bajas en enero y diciembre, y finalmente la del clima frío donde se muestran las variaciones en el punto de congelación del agua, bajo cero. Las zonas de Honduras más cercanas al mar y con las diferencias de altitud son las que crean las variaciones de temperatura. Como lo describe (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018):

▪

*“Al comienzo de la estación seca los frentes fríos provenientes del norte suelen llegar durante toda la temporada hasta los meses de marzo o abril. En consecuencia, la temperatura es más baja en el trimestre diciembre-enero-febrero y aumenta en el resto de los meses. Las temperaturas medias más bajas se representan en el mes de diciembre y oscilan entre 8°C, en las partes altas de la sierra de Celaque, hasta 28°C en las planicies del sur. En junio la temperatura más alta de toda Honduras se registra en el Valle de Sula, debido a que hasta ese mes inician las lluvias en la región noroccidental.”*

Con estas descripciones pueden obtenerse las temperaturas máximas y mínimas de un periodo determinado, en un día, un mes o un año. Los datos son obtenidos por medio de estaciones meteorológicas distribuidas por todo el país y al sumar la diversidad de temperaturas, divididas por la misma cantidad se obtiene la temperatura media. El diseño de los espacios se debe guiar por el efecto de la masa térmica y la ventilación para proveer a los ocupantes una temperatura adecuada en las diferentes actividades intrínsecas. “El desarrollo de un equilibrio térmico estable en nuestro edificio debe observarse como uno de los más valiosos avances en la evolución de las edificación” (Rodríguez, y otros, 2008)

La **humedad** es el valor que indica la cantidad de vapor de agua en el aire. El valor depende de la temperatura del aire y de las masas de agua presente en la zona. El punto máximo de saturación es cuando no se puede tener mayor cantidad de agua en el aire, se convierte en líquido y cae como precipitación. Se dan dos tipos de humedades:

- La humedad absoluta es la cantidad de agua por unidad de volumen de aire.
- La humedad relativa refleja una relación entre humedad existente y la que se podría tener como un máximo en un número porcentual (%). (Salazar J. , 2013)

La **precipitación** es cualquier forma de hidrometeoro que cae sobre el suelo. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo (UNAH, 2012). La precipitación más común es la pluvial, la que llega a la superficie en gotas y se mide en milímetros de precipitación pluvial (un milímetro es un litro por metro cuadrado) en periodos determinados de

▪

día, mes o año. Para fines arquitectónicos, la precipitación de la zona determina las necesidades de una cubierta como inclinación o materiales constructivos a utilizar.

En Honduras según (Navarro, Monserrate, Llanos, Obando, & Córdoba, 2018):

*"la temporada de lluvias comienza en mayo y concluye en noviembre. En junio-julio-agosto, las lluvias son generalizadas con mayores volúmenes de agua en altitudes elevadas (> 1600 msnm) y menores en las zonas más planas. El trimestre diciembre-enero-febrero muestra sequía estacional en la mayor parte del país. La estación seca comienza en noviembre, cuando la lluvia ha disminuido. En las zonas montañosas y el litoral pacífico (Golfo de Fonseca) durante la estación lluviosa se presenta una disminución en la precipitación en un período conocido como Canícula o veranillo, el cual se puede apreciar en los meses de julio y agosto, hacia el centro y sur del país".*

En la región sur, central y occidental por estos motivos se generan fuertes cambios climáticos. Honduras es influenciada por el fenómeno de El-Niño, el cual tiene un impacto muy importante en la distribución de las lluvias tanto espacial como temporal, presentando un fuerte déficit de lluvia en las regiones sur, suroccidente, oriente y central en su etapa cálida; este comportamiento cambia con condiciones frías (La-Niña) o neutras donde la precipitación puede reflejarse en el promedio normal siendo arriba de lo normal en la mayor parte del país. (UNAH IHCIT, 2012)

El **viento** es la atmosfera en movimiento y su velocidad, dependiendo del gradiente de presión y corrientes de aire producidas en la atmosfera por causas naturales. Los atributos que lo caracterizan son: dirección, frecuencia y velocidad. En términos de diseño tropical bioclimático, tiene peso la dirección predominante de los mismos. (Olgay, 1998)

La ventilación, sin embargo, en arquitectura se denomina a la renovación del aire del interior de una edificación mediante extracción o inyección de aire. La finalidad de la ventilación es:

- Asegurar la limpieza del aire respirable.

- 
- Asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
- Colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio.
- Luchar contra los humos en caso de incendio.
- Disminuir las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
- Proteger determinadas áreas de patógenos que puedan penetrar vía aire.

(Ruiz, 2017)

De acuerdo con (UNAH IHCIT, 2012), el sistema de vientos de Honduras prevalece de noreste al suroeste y es uno de los más influyentes en el régimen de precipitación. El viento asciende por las montañas y se enfría cargado de humedad luego se condensa, dando lugar a fuertes precipitaciones. Los vientos provenientes del Pacífico y del Atlántico al llegar a las zonas centrales de Honduras, a sotavento, las lluvias disminuyen. Se recalientan adiabáticamente hasta un continuo descenso de 800 mm de media anual. Mientras que, en las dos costas marítimas del país, norte y sur, el aire tropical marítimo provoca lluvias cuantiosas por encima de los 2,500 mm.

En Tegucigalpa se encuentra un clima más seco, pero con marcada influencia de vientos del Atlántico o vientos alisios. Por lo desarrollado anteriormente y como se muestra en el Manual de Acondicionamiento Pasivo para Tegucigalpa, se plantea la orientación de aberturas a barlovento de los vientos predominantes provenientes del norte. Sobre todo, durante verano cuando se necesita la ventilación como mecanismo de disipación.

La **radiación solar** es la energía del sol que fluye hacia la Tierra en forma de calor. En los países cercanos al ecuador, la radiación solar prevalece mayor durante todo el año y en los cercanos a los polos, es baja durante todo el año. En el confort térmico, se relaciona con la temperatura del aire. Se alcanza el confort con una temperatura de aire muy baja y la temperatura de radiación alta (Rosales & Zelaya, 2012)

La posición geográfica del territorio hondureño determina las siguientes características (UNAH IHCIT, 2012):

- Por su posición intertropical los rayos solares caen perpendicularmente dos veces cada año, sobre cada uno de los puntos del territorio nacional durante el periodo comprendido entre el 21 de marzo y el 23 de septiembre (equinoccios).
- Los solsticios (21 junio, verano; 22 de diciembre, invierno) no causan gran desigualdad entre los días y las noches, contrario a lo que sucede a las latitudes altas y medianas, donde las diferencias son enormes y por tal razón cambian legalmente en horas de verano e invierno.
- Por ser zona intertropical la duración de los días y las noches, son casi iguales todo el año.
- Por tener las horas de iluminación casi iguales, debido a la latitud no hay grandes variaciones en las temperaturas en el transcurso de los distintos meses del año.
- En Honduras, sus temperaturas medias son más elevadas en las costas que en las regiones de la alta montaña.

El  **acondicionamiento pasivo**  son dispositivos y sistemas de enfriamiento, que permiten bajar las temperaturas interiores según la necesidad en base a energías naturales. El término no excluye la utilización de artefactos mecánicos y pueden llegar a competir con equipos convencionales para calefacción, enfriamiento y otros usos domésticos.

Existen 2 tipos de acondicionamiento: activos (aire acondicionado e iluminación) y pasivos (ventilación natural, iluminación natural, etc.).

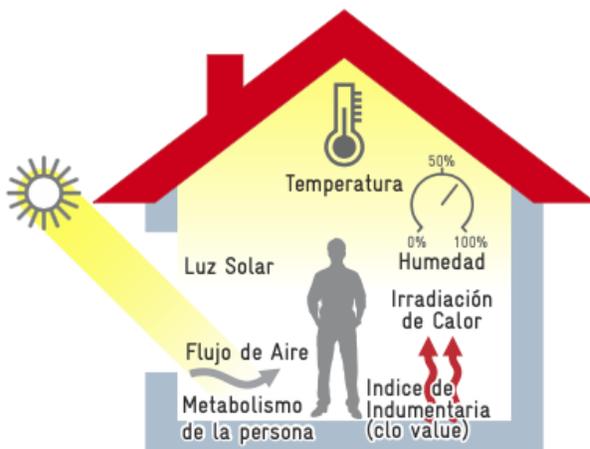
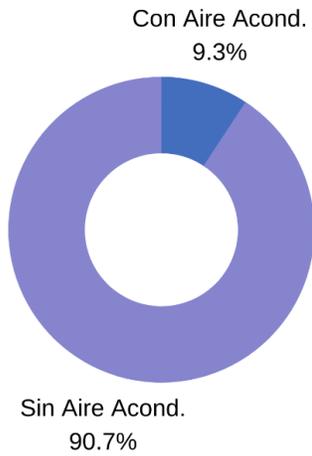


Ilustración 46: Principales factores que afectan el confort térmico de los humanos.

Fuente: (Shroeer, 2013)

■

Para la ciudad de Tegucigalpa, de acuerdo con el INE, un 9.3% de los ciudadanos utilizan aire acondicionado en sus hogares, lo que representa una creciente cantidad de usuarios con acondicionamiento activo.



*Ilustración 47: Estadística de uso AC en viviendas Tegucigalpa*

### 3.3 COMPONENTES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

De acuerdo con lo mencionado anteriormente en vías de la eficiencia energética se puede lograr un confort térmico en la vivienda por medio de diferentes factores que impactan el balance térmico y energético. Es necesario describir los aspectos fundamentales para la determinación de un buen balance térmico y energético en las edificaciones capitalinas ya que son estos los que decretaran la necesidad del mejoramiento de un componente para su mayor aprovechamiento.

Al considerar estas variables se planea mantener un balance energético y térmico con cálculos donde se resumen como, ganancias y pérdidas de calor en una edificación. En base a los patrones anteriores la "Guía para crear Espacios Tropicales Bioclimáticos" busca demostrar mediante simulaciones de los casos de estudio y comparaciones de detalles constructivos la forma coherente en que se reflejan las implementaciones a la plusvalía de la vivienda.



*Ilustración 48: Esquema de ganancias y pérdidas de calor en Edificaciones.*

*Fuente: (Shroeer, 2013)*

#### 3.3.1 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

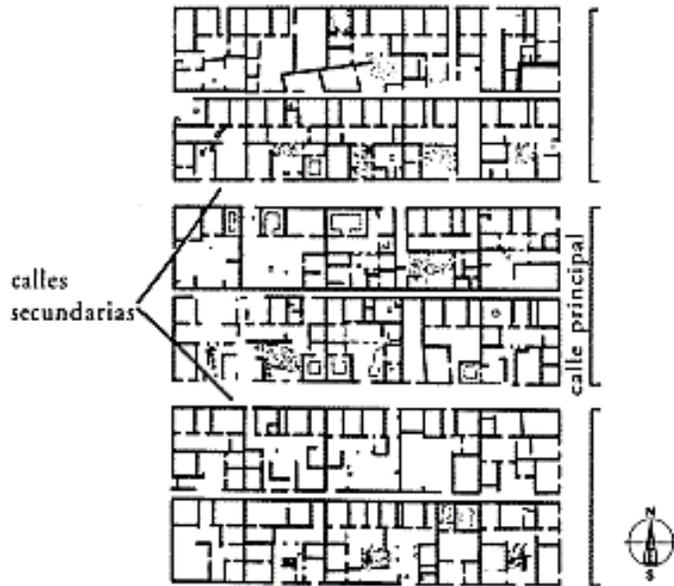
En cuanto a la orientación se deben analizar las edificaciones construidas durante los siglos pasados. A pesar de que, en su más alto razonamiento, contrario a buscar el bienestar

▪

físico predominan las implicaciones simbólicas, culturales y religiosas. Orientar las calles en función del movimiento del sol, inclinar hacia los vientos favorables, escudar de los mismos vientos desfavorables y tomar en cuenta el abastecimiento de agua, son aspectos fundamentales para un orden espacial y eficiencia funcional. De esta manera se puede ver en los diseños y trazas urbanas el predominio de retículas orientadas según los puntos cardinales y jerarquización de ejes, ya sea norte-sur o este-oeste. De acuerdo con Le Corbusier, en 1941, escribió:

*“Construir para el hombre... comenzar los planos inscribiendo el curso del sol en el solsticio de invierno y en el solsticio de verano. Es el sol y sólo el sol el que decide la orientación de la casa. Poco importa, por el momento al menos, el trazado existente de las calles.”* (Rodríguez, y otros, 2008, pág. 37)

En la arquitectura de la corriente funcionalista a la que se inclinaba Le Corbusier, era una problemática predominante la ubicación del sol y se adecuaba, en lo general a las condiciones locales de cada región. En países como Honduras afecta de gran forma el control de la radiación solar directa, debido a que, en ciertos periodos y horarios, provoca condiciones perjudiciales en los edificios.



*Ilustración 51: Tres insulae de la ampliación de Olinto (432 a.C), con clara orientación norte-sur. Fuente: (Rodríguez, y otros, 2008, pág. 33)*



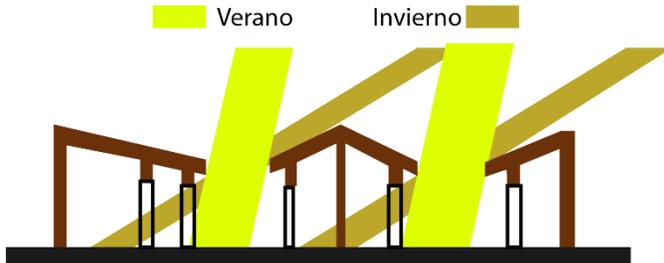
*Ilustración 50: Traza urbana de Col. Miraflores. Fuente: Google Earth-*



*Ilustración 49: Traza urbana de Col. Kennedy. Fuente: Google Earth*

En una vista periférica de Tegucigalpa, se puede ver el ordenamiento norte-sur de dos de los barrios más grandes de la ciudad. Además de aprovechar al máximo el espacio al ordenar de forma ortogonal las viviendas diseñadas de forma rectangular, se puede controlar la in-

cidencia solar al protegerse unas con otras. Conocer los ángulos de la posición del sol durante las diferentes estaciones provee de guías para los tamaños de los aleros de la cubierta y colocación de los sistemas de control solar.

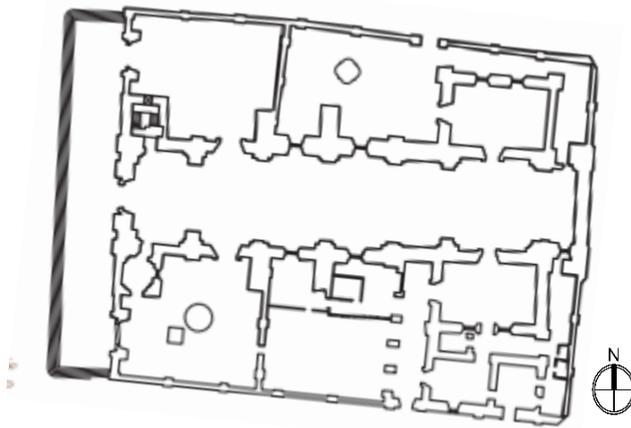


*Ilustración 52: Corte esquemático de comportamiento de los asoleamientos en invierno y verano.*

*Fuente: (Rodríguez, y otros, 2008, pág. 33)*

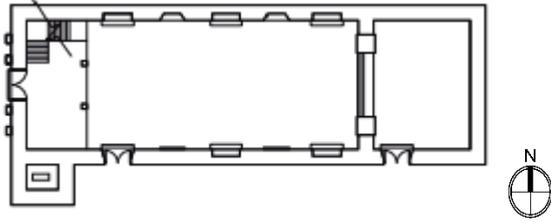
En algunas iglesias tradicionales del país se puede ver como se dominaba a precisión la posición del sol y la

orientación con fines de inspiración. Por medio de la luz proveniente del Oeste entra por el óculo frontal al atardecer y a una altura donde se refleja en el altar. De la misma forma, se protege a los miembros que llegan durante la mañana del sol proveniente del este al crear una sombra con el mismo edificio.



*Ilustración 53: Catedral de San Miguel Arcángel.*

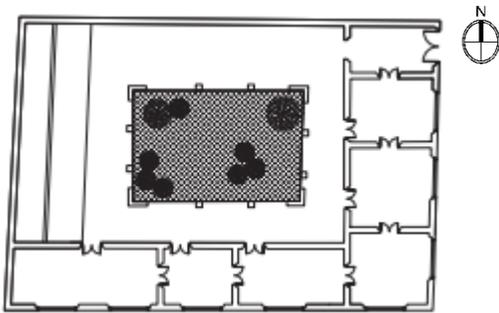
*Fuente: (Ardevini, Castellanos, Grimaldi, & Rodríguez, 2008, pág. 158)*



*Ilustración 54: Iglesia y Convento San Francisco.*

*Fuente: (Ardevini, Castellanos, Grimaldi, & Rodríguez, 2008, pág. 177)*

En las viviendas del centro histórico, en su mayoría con patio interno, estaban orientadas de forma que los volúmenes del edificio protegieran el interior de los fuertes vientos de las noches. La forma rectangular de los edificios se comportaba de forma que sus cuatro lados den respuesta a los cuatro puntos cardinales. Cubriendo la fachada sur que es la más expuesta a horas de sol; colocando salientes en el lado oeste de la cubierta para crear una sombra más larga y proteger el patio interior de los rayos de sol más fuertes de la tarde.



*Ilustración 55: Agencia Banco América Central (BAC).*

*Fuente: (Ardevini, Castellanos, Grimaldi, & Rodríguez, 2008, pág. 167)*

Un gran porcentaje de las cargas térmicas pueden equilibrarse mediante la correcta orientación de los espacios de la edificación. A continuación, se muestra un esquema respecto al hemisferio norte con la ubicación deseada térmicamente de las diferentes estancias que puede tener una vivienda urbana.

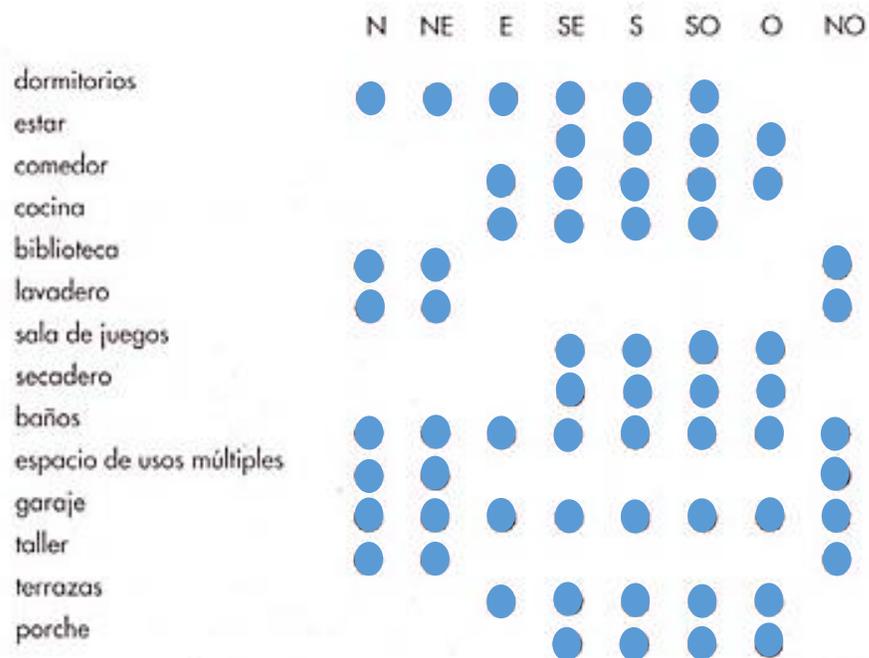
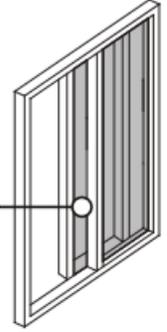
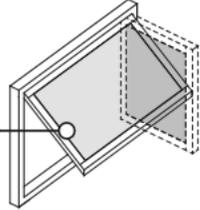
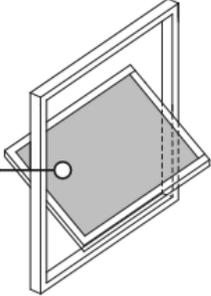
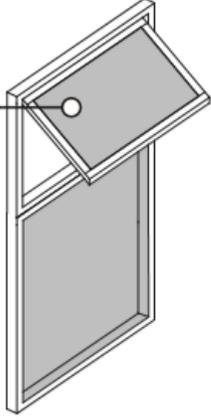
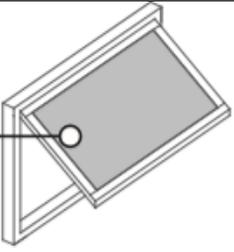
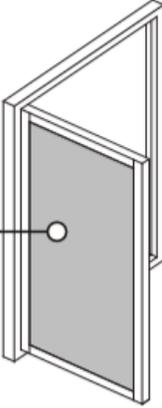
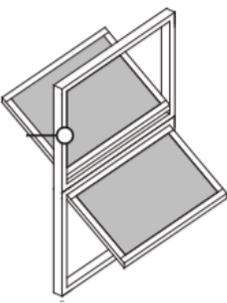


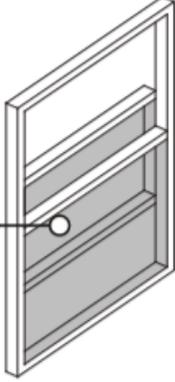
Ilustración 56: Orientaciones internas sugeridas para las distintas estancias en el hemisferio norte.

Fuente: (Marcon, 2008, pág. 34)

### 3.3.2 DISEÑO DE VENTANAS

Tipo	Flujo de Aire	Control Ventilación	Protección del clima	Ventilación nocturna	Características
	Muy bueno	Medio	Medio	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si no hay obstrucción interna de persianas o rutas externas.</li> <li>▪ Puede haber corriente de aire.</li> </ul>
	Bueno	Bueno	Bueno	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El control es complejo puede reflejar el ruido en el aula, su función puede ser difícil con persianas.</li> <li>▪ Bueno en proporcionar corrientes de aire.</li> </ul>
	Muy bueno	Medio	Bueno	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puede obstruir las persianas y evitar el control de brillo.</li> </ul>

	Medio	Bueno	Bueno	Muy bueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puede proporcionar un buen control de ruido externo en el nivel del suelo.</li> </ul>
	Bueno	Medio	Muy bueno	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puede reflejar el ruido de exterior en la habitación.</li> </ul>
	Bueno	Medio	Medio	Pobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presenta una escasa seguridad para la protección climática, ya que cuando está abierto la lluvia puede entrar.</li> </ul>
	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buen rendimiento</li> <li>▪ Ingreso posible de lluvia</li> </ul>

	Muy bueno	Bueno	Medio	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buen rendimiento si no hay obstrucción de las persianas internas o caminos externos.</li> </ul>
---	-----------	-------	-------	-------	--

### 3.3.3 SOMBREADO EXTERIOR



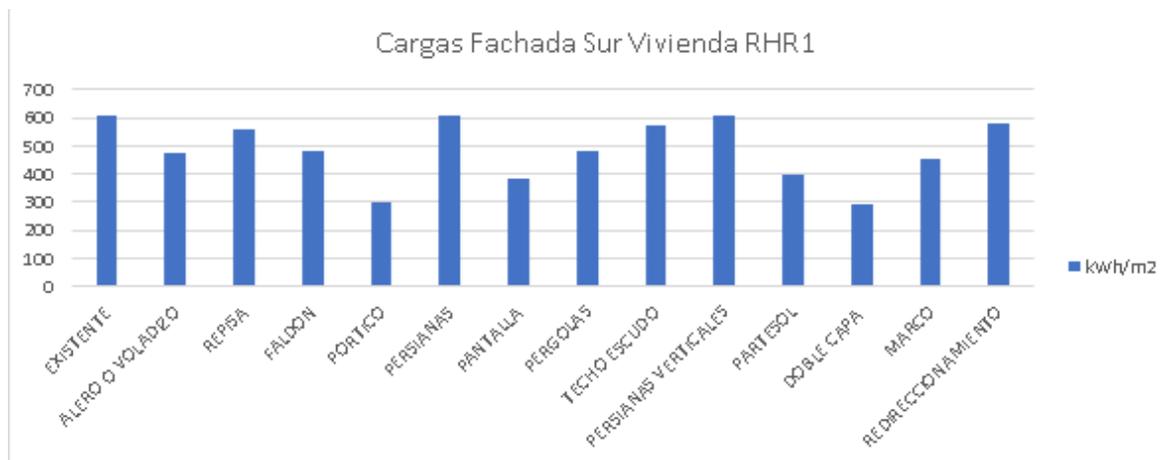
*Ilustración 57: Antigua Escuela Normal, Gracias y sus corredores porticados.*

*Fuente: (Ardevini, Castellanos, Grimaldi, & Rodríguez, 2008, pág. 330)*

De los diferentes mecanismos de sombreado exterior expuesto en el libro de (Rodríguez, y otros, 2008) se realizaron pruebas en el software Revit para verificar su eficiencia al modificar una vivienda con ellos. Los análisis se realizaron para el solsticio de verano a las 3 p. m. sobre la orientación sur. Los resultados fueron los siguientes:

	FACHADA SUR	
	KWH	KWHM2
EXISTENTE	10,992.00	609.00
ALERO O VOLADIZO	8,598.00	476.00
REPISA	10,111.00	560.00
FALDON	8,623.00	478.00
PORTICO	5,370.00	298.00
PERSIANAS	10,916.00	605.00
PANTALLA	6,950.00	385.00
PERGOLAS	8,661.00	480.00
TECHO ESCUDO	10,284.00	571.00
PERSIANAS VERTICALES	10,966.00	608.00
PARTESOL	7,196.00	398.00
DOBLE CAPA	8,736.00	472.00
	2,370.00	292.00
MARCO	9,913.00	551.00
	3,674.00	452.00
REDIRECCIONAMIENTO	10,409.00	577.00

Las unidades en kWh/m<sup>2</sup> no toman en cuenta la dimensión de la pared por lo tanto fue el dato que se utilizó para realizar la gráfica.



Se concluye que el mecanismo de sombreado exterior que mejor protege de la radiación del sol es el pórtico. La fachada sur de la vivienda RHR1 recibió 298.00 kWh/m<sup>2</sup> que en comparación a otros sistemas se redujo hasta la mitad. Pero para alcanzar el confort térmico de un microclima específico no solamente se toma en cuenta el valor mínimo de

sombreamiento sino, el necesario para refrigerar durante el día calentar durante la noche. Para zonas frescas de elevada altitud de Tegucigalpa, funciona mejor el sombreado de ventanas permitiendo que la envolvente se exponga durante la tarde y guarde el calor para las noches frías. Pero, para zonas cálidas y de baja altitud, el mecanismo que más aporta al confort si es el pórtico. La ventilación y sombreado para esta subzona son la principal estrategia para amortiguar los calurosos días de verano.

### 3.3.4 ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

La transferencia de calor se define como un proceso físico en el cual se intercambia energía en forma de calor. El calor se transmite desde el cuerpo o sección de alta temperatura a la de más baja temperatura (Domingo, 2011). De igual forma Agustín Domingo afirma que existen tres mecanismos básicos de transmisión de calor:

- **Conducción:** La energía calorífica se transmite durante el contacto entre cuerpos a distintas temperaturas.
- **Convección:** La energía calorífica se transmite de las zonas altas de temperatura a las zonas bajas y viceversa de un mismo cuerpo, equilibrando las temperaturas.
- **Radiación:** La energía calorífica se transmite en forma de energía de la radiación electromagnética, viaja a través del vacío y puede ser absorbida por otros cuerpos, aumentando su temperatura.



Ilustración 58: Transferencias de calor.

■  
*Fuente: (Conceptode, s.f.)*

Además de estas tres formas de intercambio de energía, las cuales están relacionadas con los materiales que componen los elementos constructivos de la envolvente, asimismo dependerá mayormente de las diferencias de temperatura interior y exterior. Siendo así, las pérdidas o ganancias de calor dependen de la forma y los materiales de los que esté construida la envolvente y su nivel de permeabilidad. Se puede ver claramente en el sistema de una edificación el proceso de este intercambio: radiación solar entra a través de materiales transparentes; conducción se expande a través de paredes exteriores y techos; convección de calor a través de divisiones internas, techos y pisos. "Es la piel del edificio que brinda estética por fuera y, confort y ahorro por dentro... tiene una incidencia directa en el consumo de energía y el aumento del confort en los ocupantes de una edificación" (Shroeer, 2013, pág. 27). Debido a que Honduras se encuentra en un clima tropical donde la radiación solar es durante todo el año, es lo ideal que se usen materiales con baja conductividad térmica.

A continuación, en la tabla de propiedades térmica de materiales, se presenta una lista de materiales utilizados comúnmente en el sector de la construcción y su valor para medir el grado de conductividad térmica ( $k$ -W/m K). Se observa que los materiales más idóneos son los de baja densidad ( $\rho$ ), esto posibilita que se acumule aire al interior de los poros de los materiales. De igual forma en el material para ventanas debe escogerse uno con transmitancia térmica ( $u$ ) baja, con respecto a la fórmula:

$$Q=U \cdot A \cdot (T_e-T_i)$$

Donde  $U$  es la transmitancia en vatios por metro cuadrado y kelvin.  $A$ , es el área en metros cuadrados,  $T_e$  la Temperatura Exterior y  $T_i$  la Temperatura Interior en grados centígrados o Kelvin. Para obtener el valor debe encontrarse primero la resistencia térmica el cual es inversamente proporcional.

$$U=1/R_t$$

Para encontrar la resistencia térmica es necesario incluir las subdivisiones de la capa envolvente con su resistencia térmica superficial y resistencia superficial (el efecto de aislamiento que genera la capa de aire en paredes).

$$R_t = R_{se} + \sum R_c + R_{ca} + R_{si}$$

Donde  $R_{se}$  es la resistencia superficial de la cara exterior del muro.  $R_{ca}$ , la resistencia de las cámaras de aire, donde existieran.  $R_c$  la resistencia de cada una de las capas que conforman el cerramiento y  $R_{si}$  la resistencia superficial de la cara interior del muro.

Descripción / Composición	Propiedades Típicas a 300 K		
	Densidad ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	Conductividad Térmica (k) W/ m °C	Calor Específico ( $C_p$ ) J/kg °C
<b>Paneles de Construcción:</b>			
Asbestos-Placa de Cemento	1,920	0.58	-
Yeso o Placa de Yeso	800	0.17	-
Plywood	545	0.12	1,215
Revestimiento, densidad normal	290	0.055	1,300
Azulejo Acústico	290	0.058	1,340
Revestimiento madera prensada	640	0.094	1,170
Madera prensada, alta densidad	1,010	0.15	1,380
Tableros de partículas, baja densidad	590	0.078	1,300
Tableros de partículas, alta densidad	1,000	0.170	1,300
Madera			
Maderas Duras (roble, arce)	720	0.16	1,255
Maderas Suaves (abeto, pino)	510	0.12	1,380
<b>Materiales de Albañilería:</b>			
Mortero de Cemento	1,860	0.72	780
Ladrillo común	1,920	0.72	835
Ladrillo, cara	2,083	1.30	-
Teja de barro hueca			
Una célula de profundidad, 10 cm de gruesa	-	0.52	-
Tres células de profundidad, 30 cm de gruesa	-	0.69	-
Bloque de concreto, 3 agujeros ovalados	-	1.00	-
Arena/grava, 20 cm de espesor	-	0.67	-
Ceniza como agregado, 20 cm espesor	-	1.1	-
Bloque de Concreto, agujeros rectangular	-	0.60	-
Dos agujeros, 20 cm de espesor, 16 kg	-		
El mismo pero con los agujeros rellenos	-		
<b>Recubrimientos con Yeso</b>			
Cemento de yeso, agregado de arena	1,860	0.72	-
Yeso, agregado de arena	1,860	0.22	1,085
Yeso, agregado de vermiculita	720	0.25	-

Ilustración 59: Propiedades termo físicas de materiales de construcción estructurales.

Fuente: (Shrooer, 2013, pág. 27)

Cabe mencionar que el grosor de una capa de la envolvente afecta de manera significativa por el amortiguamiento de temperatura el desfase térmico. Para que el calor llegue de un punto del material a otro en el mismo material, la capacidad calorífica determinará el tiempo para que el sistema alcance el equilibrio térmico. (Salazar J. A., 2011)

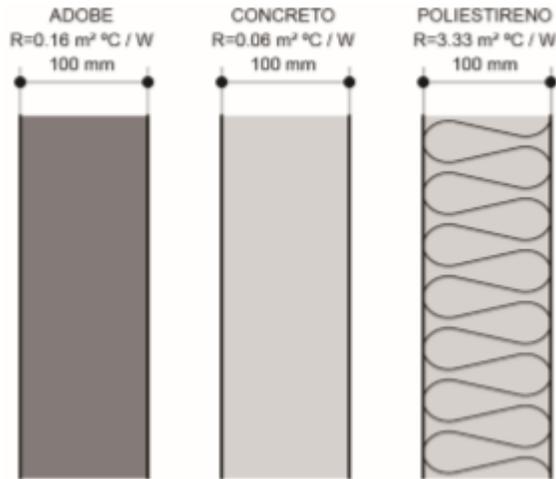


Ilustración 60: Resistencia térmica de materiales con el mismo espesor. Fuente: (Salazar J. A., 2011)

### 3.3.4 FORMA

## 3.4 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

### 3.4.1 REVIT

“Revit es un software, creado para que el usuario pueda producir diseños y documentación de edificios coherentes, coordinados y completos basados en modelos. Dentro de las funciones de Revit puedes actualizar automáticamente planos, elevaciones, secciones y vistas en 3D y usar visualizaciones en 3D para ver un edificio antes de su construcción.” (Autodesk Latinoamerica, 2019).

El software Revit, mediante el detallado levantamiento de la vivienda RHR1 y los materiales seleccionados para cada uno de los envolventes, ventanas y puertas, demostró el funcionamiento en conjunto de sus espacios. El modelo 3D se ingresó en Revit MEP para obtener las cargas de refrigeración

#### REVIT INSIGHT

“Mediante un análisis solar podemos detectar la cantidad de radiación que recibe cada una de las caras de envoltorio del modelo, llegándola a cuantificar y a obtener los resultados de manera visual en una vista en 3D... La radiación solar que recibe un edificio va a depender

▪

de la ubicación y orientación. De esta manera, lo primero a configurar en Revit para poder obtener una radiación verídica son la ubicación y orientación.”

(Ibáñez, 2019)

#### REVIT MEP

“Autodesk Revit MEP es un software con metodología de diseño BIM (Building Information Modeling) creado por Autodesk para profesionales de ingeniería MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing) que son las tres disciplinas de ingeniería con las que Revit se ocupa y administra... Revit MEP ofrece muchas otras herramientas que permiten mejorar la productividad, como los análisis del rendimiento de una construcción, la documentación del edificio, los cálculos de presión y flujo de las instalaciones, las relaciones de pérdida de presión, los componentes paramétricos y muchas herramientas más.”

(arquimaster.com.ar, 2020)

#### **3.4.2 QGIS**

“QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License... proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles.”

(QGIS, 2020)

#### **3.5 CONSUMO DE AIRE ACONDICIONADO EN VIVIENDA DE TEGUCIGALPA**

Al igual que otros electrodomésticos en la vivienda hondureña, el voltaje y gasto varía dependiendo de la potencia que se exija. Al tomar como suposición, un aire acondicionado que pide 2000W, equivalente a 2kW, el resultado se multiplica por las horas que se utiliza al día.

Durante los días laborales, se cuentan los 5 días de la semana y por motivos de trabajo, una persona sale aproximadamente entre las 6 a.m. y las 7 a.m. Regresa a casa entre las 6 p.m. y 7 p.m lo que equivale a unas 12 horas fuera de casa. Se restan de igual forma las horas

de sueño (debido a que idealmente se apaga el A/C antes de dormir o se coloca temporizador), de las cuales una persona se acuesta entre las 11 p.m. y 12 p. m. e intenta dormir unas 7 horas. Las horas de aire acondicionado encendido al día puede estar entre 5 a 6 horas.

Horas durante días laborales
6 horas al día x 5 días laborales = 30 horas semanales
30 horas semanales x 4 semanas = 120 horas mensuales

Para fines de semana, se deduce que de las cuatro semanas del mes el usuario sale una de la ciudad y, como hace el sacrificio de encender el aire acondicionado, como mucho, dos horas diarias más que el resto de la semana.

Horas durante fin de semana
8 horas al día x 3 fines de semana = 48 horas de aire acondicionado encendido

Gasto de Aire acondicionado según ENEE

Aparato Eléctrico	Consumo en Kilo-watt-Hora (kWh)	Equivalente en lempiras/hora (<500kWh/mes)	Equivalente en lempiras/hora (>500kWh/mes)
A/C 12,000 BTU	1.59	3.78	5.46
A/C 18,000 BTU	2.39	5.68	8.20
A/C 36,000 BTU	4.77	11.35	16.37
A/C 60,000 BTU	8.05	19.15	27.62

## V. METODOLOGÍA

### 5.1 ENFOQUE Y MÉTODOS

Para definir de mejor manera la metodología se basó en la de (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1997) y se implementó una metodología no experimental con diseños transeccionales correlacionales/causales, las cuales tienen como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado sin necesidad de manipular dichas variables.

La metodología se enfoca en la relación entre las variables climáticas como se definen en los datos meteorológicos, las condiciones deseables para el bienestar térmico del usuario en el espacio interior y el efecto en el usuario del entorno construido a escala urbana, arquitectónica y detalles de diseño. La aplicación resultante representa la relación clima-usuario-espacio. Las variables para el diseño tropical climático serían para este caso de estudio: vegetación(independiente), confort térmico(dependiente), temperatura(independiente), precipitación pluvial(independiente), viento(independiente), humedad(independiente) y consumo energético(dependiente).

Es necesario utilizar métodos de investigación que puedan representar y explicar las variables de 2 edificios, en dos regiones climáticas distintas, en un sistema interrelacionado. La metodología de Casos de Estudio se define por: "correlacionar las variables empíricamente en un marco de tiempo prolongado, empleando tanto elementos cualitativos, observación, como cuantitativos, medición, con el fin de identificar las posibles causas y efectos de los fenómenos analizados. (Salazar J. A., 2011)

Para la compilación de datos y marco general a contener en este informe se optó por utilizar el esquema metodológico de José Alí Porras Salazar a modo de borrador de plantilla para el estudio de caso y que actúe de guía, durante todo el proceso de redacción del mismo. De igual forma, que se asegure la coherencia en el proceso y estilo. (Stott & Ramil, 2014)



Ilustración 61: Proceso para la elaboración del caso de estudio

(BID, 2011)

## 5.2 DESCRIPCIÓN FASES DE ESTUDIO

Para esta investigación los casos de estudio se dividieron en tres fases y un análisis previo que describe el clima regional de los casos de estudio. Esta recopilación de datos conforma un resumen y sus respectivas conclusiones. A continuación, se muestran las fases con las actividades que conllevan, orden e instrumentos utilizados:

ETAPA	ACTIVIDAD	ALCANCE	INSTRUMENTOS
<b>CLIMA: INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA</b>	Recopilación datos climatológicos.	Macro, Meso, Climatogramas de Columnas	QGIS
	Análisis	Patrones, Épocas críticas, Relaciones entre elementos	Abaco Psicométrico,
	Conclusiones	Determinación rangos de confort	
<b>(1) ENTORNO INMEDIATO Y ESPACIO CONSTRUIDO: INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA</b>	Ubicación Edificios	Meso, Micro, Entorno (Microclima)	
	Levantamiento Analítico Edificios	Arquitectura (Espacio construido)	Herramientas de medición métrica.
<b>(2) ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PASIVAS</b>	Simulación	Modelado	Revit
		Resolución de estrategias pasivas	FlowDesign
	Cálculos económicos	Comparación económica de modelos	Revit Insight Revit MEP
<b>(3) PROPUESTAS DE DISEÑO PASIVO</b>	Representación	Manual	Illustrator, Revit

Tabla 2: Fases y actividades de metodología de investigación. Fuente: (Elaboración propia, 2020)

### 5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

#### 5.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FASE I			
SEMANA	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	LUGARES/SITIOS INFORMACIÓN
1	27 abril – 1 mayo	Reafirmación de elección de proyecto y definición de tareas durante el periodo.	
2	4 – 8 mayo	Investigación de las diferentes teorías del proceso de diseño tropical bioclimático.	Libros del CRAI, biblioteca UNAH, biblioteca UCR
3	11 – 15 mayo	Delimitación de área de intervención, Marco General.	
4	18 – 22 mayo	Búsqueda de leyes, reglamentos, códigos constructivos, manuales de buenas prácticas ambientales, definición de viviendas a analizar.	Constitución de la República, Ley General del Ambiente, Ley de Municipalidades, Ley de Ordenamiento Territorial,
5	25 – 29 mayo	Recopilación de datos sobre las diferentes áreas a estudiar de Tegucigalpa.	Instituto Hondureño de Estadísticas, INE
6	1 – 5 junio	Replanteamientos de análisis, análisis a profundidad de usuarios de la zona, estudios de casos de manuales en Latinoamérica.	
7	8 – 12 junio	Elaboración del listado de mecanismos de diseño tropical bioclimático aplicables en las áreas elegidas de Tegucigalpa.	
8	15 – 19 junio	Retroalimentación/Replanteamiento/Síntesis con profesionales en el ámbito de arquitectura y construcción bioclimática. (Encuestas)	
9	22 – 26 junio	Confeccionamiento de investigación a presentar y corrección de observaciones.	
10	29 junio – 3 julio	ENTREGA FINAL	

FASE 2		
SEMANA	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO
1	20 – 24 julio	Realización de carta bioclimática de Givoni para Tegucigalpa. Levantamiento de plano de alturas para Tegucigalpa. Asesoría técnica con Ing. Carlos Oyuela. Asesoría técnica con Arq. Cintia Figueroa.
2	27 – 31 julio	Obtención porcentajes de abertura para opciones de diseño en revit de RHR1. Pruebas de Obtención de datos en Revit Insight. Modulado y representación de opciones de diseño para las secciones: Ventanearías, Sombreado, Envolvente, Etc.
3	3 – 7 agosto	Solicitud de información en Copeco y lectura de tesis de envolvente de vivienda social en el Salvador. Asesoría técnica con Arq. Verónica Blum. Avance en Iconografía y arte del manual.
4	10 – 14 agosto	Redacción introducción, metodología y creación formato para manual. Avance en redacción procedimientos de uso de software y obtención de datos para capítulo Envolvente.
5	17 – 21 agosto	Cálculo de radiación solar por mes y por orientación cartesiana en Revit en una ubicación específica.
6	24 – 28 agosto	Simulación de efecto de viento en FlowDesign para capítulo de Forma. Realización tabla de viento de Tegucigalpa y rosa de vientos.
7	31 agosto – 4 septiembre	Repaso de libros de teoría claves de diseño bioclimático, la casa bioclimática, etc. Edición de plano de sectores de Tegucigalpa. Utilización de Revit para encontrar altura solar, declinación y azimut para capítulo de Sombreamiento Exterior. Modificación de errores en el modelado de Revit MEP.
8	7 – 11 septiembre	Investigación sobre normativas de certificación ecológica y redacción conclusiones del proyecto. Asesoría técnica con Arq. Cintia Figueroa.

▪

		Asesoría técnica con Ing. Carlos Oyuela. Realización de correcciones en Sección 1: Análisis del proyecto Reorganizando y redactando en capítulo de Inmueble.
9	14 – 18 septiembre	Investigación sobre consumo aire acondicionado en Tegucigalpa. Investigación en teorías de confort y ábaco psicométrico de givoni. Avance en capítulo de Abertura y ventanería. Redacción y reorganización de capítulo sombreado exterior.
10	21 – 25 septiembre	ENTREGA FINAL

▪

## VII. CONCLUSIONES

Al realizar comparaciones técnicas por medio de simulaciones en Revit y cuantificaciones de cargas de refrigeración, se logró observar meticulosamente los componentes que llevan a cabo el sistema de acondicionamiento pasivo en una vivienda. Esta investigación, permite observar de forma más amplia, en base a valores tangibles, la repercusión de las decisiones de diseño sobre el confort higrotérmico. El manual representa una pauta hacia especialistas de la arquitectura e ingeniería para evaluar las estrategias de acondicionamiento actualmente utilizadas.

- El cambio de orientación de la vivienda RHR1, sin tomar en cuenta las colindancias, y la variada elección de materiales para la envolvente de la vivienda probó que se puede reducir la carga de refrigeración de la vivienda.
- El factor de transmitancia (valor U) de cada material para la cubierta resultó ser el cambio más drástico en cuanto a cargas de refrigeración. Se debe a que la cubierta es el elemento que más radiación recibe durante el día y es colindante a todo espacio del interior.
- La aplicación de fórmulas y esquemas del libro Arquitectura y Viento, mostraron la estrecha relación del viento exterior con el confort higrotérmico percibido por los habitantes en el interior y como puede ser modificado.
- Según la simulación de radiación en Revit Insight, se comprobó la mejor manipulación del calor por fachada en base a las actividades que se realizan en su interior.

▪

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el manual desde etapa cero de diseño, para que, de ese modo, sea más eficiente la realización de los análisis que en una etapa posterior. Si la vivienda ya está construida, se puede modificar el diseño, pero será menos económico que una vivienda desde cero.
- El manual contiene términos y pensamiento crítico en base al conocimiento técnico adquirido por especialistas en arquitectura e ingeniería, por lo que se recomienda que el manual sea aplicado bajo el asesoramiento de dichos especialistas.
- Se recomienda a UNITEC incentivar a los alumnos a investigar sobre las ventajas económicas del acondicionamiento pasivo y de las innecesarias prácticas del uso de acondicionamientos activos.
- Se recomienda el estudiantado de Arquitectura profundizar en el software Revit y sus especialidades como Revit MEP, Revit Estructuras, etc. ya que representan una herramienta de alta competitividad en el mercado laboral.
- Los datos del levantamiento de sitio se obtuvieron de distintas instituciones oficiales como Meteorología Nacional, CIAT, MiAmbiente y QGIS como un estudio base general. Se recomienda hacer un levantamiento más exacto en el sitio para obtener aplicaciones más profundas y acertadas.

## Bibliografía

- Ardivini, I., Castellanos, E., Grimaldi, G., & Rodríguez, J. (2008). *Honduras: Guía de Arquitectura y Paisaje*. Tegucigalpa: Junta de Andalucía.
- arquimaster.com.ar. (4 de Marzo de 2020). *Autodesk Revit MEP: ¿Qué es? ¿Cuáles son los principales usos?* Obtenido de <https://www.arquimaster.com.ar/web/autodesk-revit-mep-que-es-cuales-son-los-principales-usos/>
- Arteta, R., & Lazaro, L. (2016). *Diagnóstico socioambiental del bosque seco subtropical de la cuenca del río ranchería, la Guajira, Colombia*. La Guajira, Colombia: Museo de Historia Natural.
- BID. (Marzo de 2011). Obtenido de BID: Sector de conocimiento y aprendizaje: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pautas-para-la-elaboración-de-estudios-de-caso.pdf>
- CODN. (2008). *Honduras: Bases para un Plan de Nación*. Tegucigalpa. Obtenido de [http://faces.unah.edu.hn/catedraot/images/stories/Documentos/OUOT/Indicador\\_Desarrollo\\_01.pdf](http://faces.unah.edu.hn/catedraot/images/stories/Documentos/OUOT/Indicador_Desarrollo_01.pdf)
- Conceptode. (s.f.). *Transferencia de calor*. Obtenido de <https://conceptode.de/transferencia-de-calor/>
- CONUEE. (20 de Mayo de 2020). *Introducción a la Eficiencia Energética*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sAA1dzRI0u4>
- Del Toro, M. (2009). *Edificación Sustentable en Jalisco*. México DF: JAL.
- Domingo, A. (2011). *Apuntes de Transmisión del calor*. Madrid: Creative Commons.
- Duery, S. (2001). *Caracterización del bosque seco de la comunidad de Oropolí, Honduras*. Tegucigalpa: Zamorano.
- FISICALAB. (s.f.). *FISICALAB*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/temperatura>
- Flores, M. (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Honduras*. México D.F.: Naciones Unidas.
- Forbes. (5 de Mayo de 2020). *Honduras sigue afectado por los incendios forestales*. Obtenido de Forbes CA: <https://forbescentroamerica.com/2020/05/05/honduras-sigue-afectado-por-los-incendios-forestales/>

- García, J., & Victor, F. (1985). *Arquitectura Bioclimática y Energía Solar*. México D.F.: UAM.
- GeoDatos. (2020). *GeoDatos*. Obtenido de <https://www.geodatos.net/coordenadas/honduras>
- Gobierno, S. d. (2018). *Plan Estratégico de Gobierno 2018-2022*. Tegucigalpa: Gobierno de la república de honduras.
- Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Tucumán: Nobuko.
- Hernandez Sampieri, C., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: MCCRAW-HILL.
- Hondudiaro. (12 de Junio de 2020). *Hondudiaro*. Obtenido de <https://hondudiaro.com/tag/vivienda-honduras/>
- Hondudiaro. (s.f.). *Informe República de Honduras. HABITAT III*. Obtenido de [http://habitat3.org/wp-content/uploads/INFORME\\_REPUBLICA\\_DE\\_HONDURAS\\_ES.pdf](http://habitat3.org/wp-content/uploads/INFORME_REPUBLICA_DE_HONDURAS_ES.pdf)
- House, P. P. (2008). *Bosque Seco Subtropical de Tegucigalpa*. Tegucigalpa: AFE COHDEFOR.
- Ibáñez, S. (27 de Febrero de 2019). Obtenido de Consultoría y Centro de Información BIM: <https://www.msistudio.com/analisis-de-radiacion-solar-desde-revit/>
- López, M. (2003). *Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura*. Cataluña: Universidad Autónoma de Chiapas.
- Mairena, R., & Hernández, M. (2005). *Informe Nacional de Honduras*. Roma: FAO.
- Marcon, M. (2008). *Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Meteoglosario, V. (2018). *Meteoglosario Visua*. Obtenido de [https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/415\\_clasificacion-climatica](https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/415_clasificacion-climatica)
- Navarro, C., Monserrate, F., Llanos, L., Obando, D., & Córdoba, J. (2018). *Desarrollo de los Escenarios Climáticos de Honduras y Módulo Académico de Capacitación*. Tegucigalpa: CIAT;PNUD;SERNA.
- Nieto, A., & Trejo, M. (2017). *Características de la arquitectura tradicional e histórica de Ojojona aplicadas a la vivienda rural sustentable*. Tegucigalpa: UNITEC.

- 
- NU. (2016). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima*. Barcelona: Princeton University Press.
- ONU. (1999). *HONDURAS: EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL HURACÁN MITCH, 1998*. México: CEPAL.
- ONU. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Santiago: CEPAL.
- ONU. (10 de Marzo de 2020). *El cambio climático es más mortal que el coronavirus*. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2020/03/1470901>
- Oqueli, L., Barahona, N., & Rodriguez, M. (2009). *Compendio Normativo Procedimental de la Arquitectura Bioclimática en San Pedro Sula*. San Pedro Sula.
- Palerm, J., Florez, E., & Nusselder, H. (2013). *Perfil Ambiental de Honduras*. Tegucigalpa: DUE.
- Porras, J. (2012). *Guía de Estrategias Pasivas de Diseño Bioclimático*. San Jose: UCR.
- Prensa. (2020). Así es la imponente torre 2 del Centro Cívico Gubernamental. *Prensa*, 8.
- Prensa, L. (4 de Abril de 2016). *Tegucigalpa con baja calidad de vida*. Obtenido de Tegucigalpa con baja calidad de vida: <https://www.laprensa.hn/economia/dineroynegocios/946483-410/tegucigalpa-con-baja-calidad-de-vida>
- ProHonduras. (s.f.). *ProHonduras*. Obtenido de <http://www.prohonduras.hn/index.php/espanol/por-que-honduras/vivienda>
- QGIS. (2020). Obtenido de QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio: <https://qgis.org/es/site/about/index.html>
- RAE. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/clima>
- Ramirez, V., Delgado, L., & Rico, V. (2018). *La resiliencia del bosque seco tropical*. México DF: CONABIO. Biodiversitas.
- Rodriguez, L. (18 de Noviembre de 2017). *Conozca los materiales que más usan en la construcción en Honduras*. Obtenido de Heraldo: <https://www.elheraldo.hn/economia/1127319-466/conozca-los-materiales-que-m%C3%A1s-usan-en-la-construcci%C3%B3n-en-honduras>

- 
- Rodriguez, M., Figueroa, A., Fuentes, V., Castorena, G., Huerta, V., García, R., . . . Guerrero, L. (2008). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México DF: Limusa.
- Rosales, E., & Zelaya, E. (2012). *Implementación de diseño tropical bioclimático en sanpedro sula*. San Pedro Sula: UNITEC.
- Ruiz, C. (6 de Noviembre de 2017). *Insignia*. Obtenido de <https://blog.elinsignia.com/2017/11/06/la-importancia-de-la-ventilacion/>
- Salazar, J. (2013). *Guía de Diseño Bioclimático según Clasificación de Zonas de Vida Holdridge*. San Jose: UCR.
- Salazar, J. A. (2011). *Diseño de la Envolvente y sus Implicaciones en el Confort Higrotérmico*. San Jose: Universidad de Costa Rica.
- Salinas, I. (1991). *Arquitectura de los grupos étnicos de Honduras*. Quito: Guaymurás.
- SERNA. (2017). *Agenda Ambiental de Honduras*. Tegucigalpa: Secretaría de energía, recursos naturales, ambiente y minas.
- Shroerer, R. (2013). *Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras*. GIZ.
- Stassano, A. (1997). *Adobe, Madera y Ladrillo en la Arquitectura de San Pedro Sula*. Tegucigalpa: Editorial Tranamérica.
- Stassano, Á. (1 de Octubre de 2010). *Introducción al Diseño Tropical Bioclimático Honduras*. Obtenido de <http://techosverdes.net/tropical-bioclimatica/introduccion-al-diseno-tropical-bio-climatico-honduras>
- Stott, L., & Ramil, X. (2014). *Metodología para el desarrollo de estudios de caso*. Madrid.
- Suarez, M. (27 de Noviembre de 2012). *Wordpress*. Obtenido de <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/msuaump/sociales/tema-3/>
- TECHO. (2018). *Censo de Asentamientos Informales: Casco Urbano Distrito Central*. Tegucigalpa: TECHO.
- TechosVerdes. (2006). *Techos Verdes*. Obtenido de <http://techosverdes.net/complejo/conozcamosla>
- Terraza, H., Viguri, S., & Barragan, P. (2015). *Tegucigalpa y Comayagua: Capital Sostenible, Segura y Abierta al Público*. Tegucigalpa: BID.

- 
- Tribuna. (24 de Diciembre de 2017). *Tegucigalpa, risas y llanto de sus múltiples caras*. Obtenido de <https://www.latribuna.hn/2017/12/24/tegucigalpa-risas-llanto-multiples-caras/>
- Tribuna. (30 de Julio de 2019). *Antiguas casas de la ciudad*. Obtenido de <https://www.latribuna.hn/2019/07/30/antiguas-casas-de-la-ciudad/>
- Tribuna, L. (30 de Diciembre de 2017). *AMDC: Puentes a desnivel, túneles, parques y reforestación entre proyectos a desarrollar*. Obtenido de <https://www.latribuna.hn/2017/12/30/amdc-puentes-desnivel-tuneles-parques-reforestacion-proyectos-desarrollar/>
- UNAH. (2012). *ATLAS CLIMÁTICO Y DE GESTIÓN DE RIESGO DE HONDURAS*. Tegucigalpa: IHCIT.
- UNAH IHCIT. (2012). *Atlas Climático y de Gestión de Riesgo de Honduras*. Tegucigalpa M.D.C.: UNAH.
- UNAH IHCIT. (2012). *Atlas Climático y de Gestión de Riesgo de Honduras*. Tegucigalpa M.D.C.: UNAH.
- UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Paris: UNESCO.
- UPV. (s.f.). Obtenido de ergonautas: [https://www.ergonautas.upv.es/metodos/FANGER/fanger\\_online.php](https://www.ergonautas.upv.es/metodos/FANGER/fanger_online.php)
- Vargas, D. (2015). *Modelo Alternativo de Adaptación Bioclimática de la Vivienda Prefabricada de Interés Social*. San Jose: UCR.

## ANEXOS

A continuación, se muestra el desglose del problema a tratar en la investigación con sus causas y efectos en la sociedad:

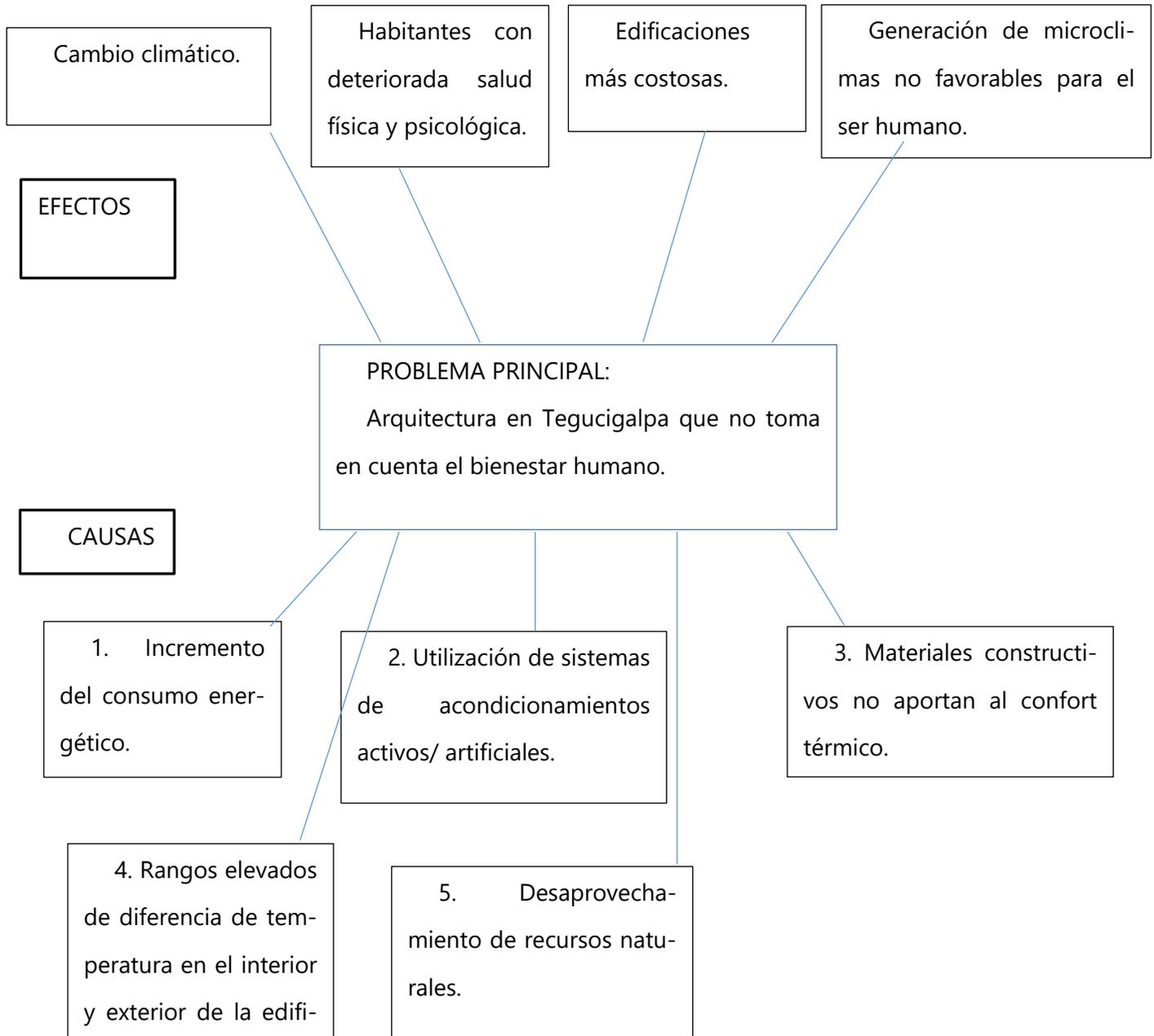


Tabla 3: Árbol del problema

Fuente (Elaboración propia, 2020)