



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**“IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO  
EN SAN PEDRO SULA”**

**SUSTENTADO POR:**

**EVA NELLY ROSALES CARDOZA**

**EMMA ISABEL ZELAYA LÓPEZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**TEGUCIGALPA M.D.C., HONDURAS, C.A.**

**OCTUBRE DE 2012**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO**

**SECRETARIO GENERAL**

**JOSÉ LÉSTER LÓPEZ**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**JEFFREY LANSDALE**

**“IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO  
EN SAN PEDRO SULA”**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**ASESOR METODOLÓGICO  
CARLOS AUGUSTO ZELAYA OVIEDO**

**ASESOR TEMÁTICO  
ÁNGELA MARÍA STASSANO RÁQUEL**

**MIEMBROS DE LA TERNA  
JORGE CENTENO  
MOISÉS STARKMAN  
MANUEL GÓMEZ**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este esfuerzo a nuestros esposos Luis Enrique Rivera Jiménez y Gustavo Adolfo Ochoa Medina, por su amor, dedicación, fidelidad, entrega y apoyo incondicional y a nuestros amados hijos, quienes siempre han sido, son y serán nuestra fuente de inspiración y motivación para continuar trabajando incansablemente por una Honduras mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro Dios Todopoderoso, por permitirnos compartir esta inolvidable experiencia de enriquecimiento mutuo para nuestra vida profesional y personal y por poner en nuestro camino a personas tan especiales que colaboraron de manera incondicional en el logro de nuestro objetivo.

A nuestra mayor herencia (riqueza): la hermosa familia a la que pertenecemos, por haber sido nuestra fuente inagotable de amor, respeto, comprensión y valores.

A nuestro asesor metodológico, doctor Carlos Augusto Zelaya Oviedo por sus aportes, colaboración y guía; a nuestra asesora temática, arquitecta Ángela María Stassano Ráquel, por compartir en forma tan generosa y constante sus valiosos conocimientos, experiencia profesional, biblioteca especializada y sobre todo su precioso tiempo, entrega desinteresada y elevada calidad humana.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con su conocimiento y experiencia a enriquecer nuestro trabajo, mediante la revisión de estilo, ortografía e ilustraciones.

A los ejecutivos y funcionarios de las distintas instituciones y expertos en los diferentes temas, por proporcionarnos la información solicitada para el análisis y fundamento de nuestro trabajo, lo cual facilitará la aplicabilidad técnica y propiciará la factibilidad económica para la implementación del principal producto de esta investigación: El catálogo de elementos constructivos con criterio bioclimático, como parte integral de la Guía de Diseño Bioclimático de San Pedro Sula.



## FACULTAD DE POSTGRADO

# IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO EN SAN PEDRO SULA

### **AUTORAS:**

Eva Nelly Rosales Cardoza

Emma Isabel Zelaya López

### **RESUMEN**

La presente tesis denominada: “IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO EN SAN PEDRO SULA”, ha sido realizada con el propósito de contribuir con el desarrollo urbano de San Pedro Sula, mediante la creación de un catálogo de elementos constructivos con criterio tropical bioclimático, con aplicabilidad en la citada ciudad. Dicho catálogo será parte integral de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático que se encuentra en proceso de desarrollo y que servirá entre otras cosas, para la sistematización del diseño de edificaciones y espacio urbano, a fin de contribuir a reducir el consumo de energía eléctrica y la vulnerabilidad a inundaciones. La metodología utilizada en este estudio, consistió en la aplicación de un cuestionario a una muestra de población conformada por actores de las diferentes dependencias e instituciones (15) tanto públicas como privadas y un cuestionario a 27 clientes potenciales de una vivienda bioclimática, para un total de 72 personas, con el propósito de captar el grado de conocimiento, interés y aceptación del diseño tropical bioclimático y la existencia de una guía de diseño tropical bioclimático. Por otra parte se realizaron entrevistas a tres expertos relacionados con el tema. En base a los resultados de viabilidad del proyecto, se propone El catálogo de elementos constructivos con criterio tropical bioclimático.

Palabras clave: Arquitectura Tropical Bioclimática, ahorro de energía eléctrica, impacto de la arquitectura tropical bioclimática.



**FACULTAD DE POSTGRADO**  
**IMPLEMENTATION OF BIOCLIMATIC TROPICAL ARCHITECTURE**  
**IN SAN PEDRO SULA**

**AUTHORS:**

Eva Nelly Rosales Cardoza

Emma Isabel Zelaya López

**ABSTRACT**

The following thesis titled: “IMPLEMENTATION OF BIOCLIMATIC TROPICAL ARCHITECTURE IN SAN PEDRO SULA”, has been created with the purpose of contributing to the urban development of San Pedro Sula, through the creation of a catalog of construction details with bioclimatic criterion for this city. This will be an integral part of a guide that is currently being developed and will serve for the systematization of the design of buildings and urban spaces; this in turn, will contribute to the reduction of electrical energy costs and vulnerability of the citizens. The methodology employed in this study consisted of using a survey given to a sample population made up of a wide variety of influential people in private and public institutions. This sample population was selected because of their capabilities to make important decisions. Our study also included a questionnaire given to 27 potential clients of a bioclimatic residence. The total size of the study was 72 people. The purpose of these assessments was to gauge the level of knowledge and interest in bioclimatic tropical architecture, as well as the existence of a design guide for this type of projects. Also included in the study were the interviews of three prominent experts on the subject. Using the feasibility results of the project, we propose a Catalog of Constructive Elements with Bioclimatic Criteria for San Pedro Sula.

Key Words: Tropical Bioclimatic Architecture, electrical energy Savings, Impact of bioclimatic Architecture.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ALCANCE.....	4
1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	5
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.4.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	7
1.4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.4.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.6 VARIABLES DE ESTUDIO.....	9
1.7 JUSTIFICACIÓN.....	10
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	11
2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	11
2.1.1 AMBIENTE.....	11
2.1.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	11
2.1.3 CLIMA.....	12
2.1.4 HUMEDAD.....	12
2.1.5 CONFORT AMBIENTAL.....	12
2.1.6 ESTRATEGIAS PASIVAS.....	12
2.1.7 HIDROLOGÍA.....	12
2.1.8 MICROCLIMA.....	13
2.1.9 PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	13
2.1.10 RADIACIÓN SOLAR.....	13
2.1.11 TEMPERATURA.....	13
2.1.12 VENTILACIÓN.....	13
2.1.13 VIENTO.....	14

2.2 FACTORES NATURALES DE CLIMA Y MORFOLOGÍA DEL TERRITORIO DE .....	14
SAN PEDRO SULA .....	14
2.2.1 FACTORES CLIMÁTICOS.....	14
2.2.2 FACTORES GEOGRÁFICOS.....	22
2.2.2.1 Ubicación .....	22
2.2.2.2 Topografía .....	24
2.2.2.3 Hidrología .....	25
2.2.2.4 Uso del territorio .....	27
2.3.FACTORES QUE DETERMINAN EL POTENCIAL DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA.....	28
2.3.1 APROVECHAMIENTO, CONTROL Y PROTECCIÓN RECURSOS NATURALES .....	29
2.3.1.1 El viento .....	29
2.3.1.2. El sol.....	30
2.3.1.3 La lluvia.....	32
2.3.1.4 La vegetación .....	32
2.3.2 FACTORES CULTURALES .....	33
2.3.2.1 Identidad cultural bananera .....	34
2.3.2.2 Costumbres y tradiciones .....	34
2.3.2.3 Cultura de desarrollo .....	35
2.3.3 FACTORES DE RIESGO .....	36
2.3.3.1 Ambientales .....	37
2.3.3.2 Sociales. ....	38
2.3.3.3 Económicos .....	39
2.3.4 FACTORES SOCIOECONÓMICOS.....	39
2.3.4.1 Alto costo de la energía eléctrica.....	39
2.3.4.2 Alta densidad poblacional.....	41
2.3.4.3 Nivel de educación .....	42
2.3.5 FACTORES LEGALES .....	42
2.4 IMPACTO DE LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA .....	45
2.4.1 IMPACTO URBANÍSTICO .....	45
2.4.2 IMPACTO EN EDIFICACIONES .....	46

2.4.2.1	Ahorro de energía eléctrica.....	46
2.4.2.2	Reducción de enfermedades bronco respiratorias .....	48
2.4.2.3	El confort térmico personal .....	49
2.4.2.4	Reducción de riesgo de inundaciones. ....	50
2.4.3	IMPACTO EN EL DETALLE CONSTRUCTIVO .....	51
2.5	ALTERNATIVAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN RELACIONADAS CON LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA.....	53
2.5.1	ARQUITECTURA TRADICIONAL.....	53
2.5.2	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE .....	53
2.5.3	CERTIFICACIÓN LEED.....	54
	<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA APLICADA.....</b>	<b>56</b>
3.1	ENFOQUE Y MÉTODO.....	56
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	56
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	57
3.4	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	57
	<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>58</b>
4.1.	CUESTIONARIO APLICADO A DIRECTIVOS, FUNCIONARIOS Y EQUIPO TÉCNICO DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS.....	58
4.2	CUESTIONARIO APLICADO A CLIENTES POTENCIALES DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA.....	63
4.3.	ENTREVISTAS REALIZADAS A EXPERTOS EN TEMAS DE INTERÉS PARA LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA.....	67
	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	74
5.2	RECOMENDACIONES.....	74
	<b>CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD .....</b>	<b>75</b>
	CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON CRITERIO TROPICAL BIOCLIMÁTICO PARA SAN PEDRO SULA	
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables de estudio.....	9
Figura 2. Temperatura Promedio.....	17
Figura 3. Temperatura Baja Promedio .....	17
Figura 4. Precipitación Promedio.....	18
Figura 5. Temperatura más alta registrada .....	18
Figura 6. Máxima lluvia registrada por mes.....	19
Figura 7. Temperatura más baja registrada .....	19
Figura 8. Promedio de humedad relativa por la mañana.....	20
Figura 9. Promedio de la velocidad del viento.....	20
Figura 10. Promedio de humedad relativa por la tarde.....	21
Figura 11. Panorámica general de San Pedro Sula. ....	23
Figura 12. Vista aérea San Pedro Sula y Río Chamelecón.....	24
Figura 13. Producción y consumo enero 2005-junio 2012 .....	26
Figura 14. Mapa de ríos de San Pedro Sula .....	27
Figura 15. Mapa de zonificación de San Pedro Sula.....	28
Figura 16. Modelo de casa bananera sobre pilotes.....	34
Figura 17. Tipos de uso de energía eléctrica Región Norte, 2011.....	40
Figura 18. Energía interna vendida por región, 2011 .....	41
Figura 19. Distribución de energía eléctrica por hogar, San Pedro Sula .....	48
Figura 20. Mapa zonas de vulnerabilidad en San Pedro Sula.....	50
Figura 21. Grado de conocimiento sobre experiencias de Diseño Tropical Bioclimático en San Pedro Sula (institucional) .....	58
Figura 22. Conocimiento sobre la existencia de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático (GDTB) en San Pedro Sula (institucional) .....	58
Figura 23. Grado de interés en creación e implementación de una GDTB para San Pedro Sula (institucional).....	59
Figura 24. Grado de interés en los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática (institucional) .....	59

Figura 25. Aspectos clave a considerar por las instituciones para la implementación de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula.....	60
Figura 26. Disponibilidad personal institucional para revisión y validación de GDTB ..	60
Figura 28. Aprovechamiento del sol para reducción del consumo de energía eléctrica (institucional) .....	61
Figura 29. Aprovechamiento lluvia para reducción consumo energía eléctrica.....	62
Figura 30. Aprovechamiento de la vegetación para reducción del consumo de energía eléctrica (institucional) .....	62
Figura 31. Grado de conocimiento sobre experiencias de DTB de San Pedro Sula (cliente potencial) .....	63
Figura 32. Conocimiento sobre la existencia de GDTB (cliente potencial) .....	63
Figura 33. Grado interés en la creación e implementación de una GDTB en San Pedro Sula (cliente potencial) .....	64
Figura 34. Grado de interés en los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula. ....	64
Figura 35. Aprovechamiento del viento para la reducción consumo de energía eléctrica en su vivienda actual (cliente potencial) .....	65
Figura 36. Aprovecham. de la lluvia para la reducción del consumo energía eléctrica .	65
Figura 37. Aprovechamiento de la vegetación para la reducción del consumo de energía eléctrica (cliente potencial) .....	66
Figura 38. Decisión de invertir en diseño tropical bioclimático para reducción del consumo de energía eléctrica (cliente potencial).....	66
Figura 39. Interés en la obtención de una guía que oriente como hacer sus edificaciones tropicales bioclimáticas (cliente potencial) .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1. Parámetros clima en San Pedro Sula (enero-julio).....	15
Tabla 2. Parámetros clima en San Pedro Sula (agosto-diciembre).....	16
Tabla 3. Período registrado en gráficas climatológicas. ....	22
Tabla 4. Reflexión de colores y materiales / luz blanca (sol).....	31
Tabla 5. Comparación consumo energía eléctrica dos edificaciones.....	47

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La construcción es una actividad económica importante, por ser un dinamizador de la economía, no obstante, el sector vivienda es el que más alto consumo de energía eléctrica reporta durante su operación, seguida de altos consumos y el sector comercial (Figura 17), este consumo en la mayoría de los casos, se realiza de forma irracional.

En el presente estudio se abordará el diseño tropical bioclimático, el cual favorece la reducción del consumo de energía eléctrica, en vista de que las principales tendencias en este aspecto provienen de países del norte, cuyos climas difieren de las necesidades de los climas tropicales, la diferencia se acentúa más cuando se trata del clima tropical húmedo, clasificación a la que pertenece el clima de San Pedro Sula.

Se hace necesaria la creación e implementación de herramientas diseñadas para resolver de manera eficiente las necesidades específicas de San Pedro Sula, para resolver las necesidades de hábitat y confort térmico de acuerdo con las condiciones climáticas y factores físicos de su entorno, para aprovechar los recursos naturales de la mejor forma, optimizando el uso de dichos recursos (UICN, 2011).

La arquitectura tropical bioclimática ofrece estrategias que ayudan a lograr lo enunciado en el párrafo anterior. El tema de la arquitectura tropical bioclimática es del interés personal de las autoras del presente trabajo, en vista de que tal como lo propone Schemelkes (2010), existe el deseo genuino de contribuir con la mejora de la situación económica y social de los habitantes de San Pedro Sula dado que el uso responsable de los recursos naturales, es parte medular del desarrollo económico-social de Honduras.

**El producto principal de ésta investigación consiste en un Catálogo de Detalles Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático el cual es parte de la Guía de Diseño con Criterio Tropical Bioclimático para San Pedro Sula, que actualmente**

**es desarrollado en esa ciudad por un equipo interdisciplinario bajo la dirección de la arquitecta Ángela María Stassano Ráquel.**

Recientemente se han presentado algunas iniciativas a nivel regional, para el caso la Norma RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico) es una nueva normativa para certificar la sostenibilidad del diseño, la construcción y la operación de los edificios; esta herramienta busca facilitar y revisar decisiones en los proyectos constructivos para incorporar criterios responsables con el entorno.

Mediante la aplicación de este tipo de instrumentos, se mejora la calidad de vida de la ciudadanía, los procesos de construcción y la visión colectiva de las ciudades, lo cual es importante para que se trabaje en la búsqueda de las soluciones más coherentes con la naturaleza y con las necesidades locales, que unidas, se convierten en globales.

El tema de la arquitectura tropical bioclimática está siendo difundido a nivel nacional, de manera especial se enfatizan los conceptos, variables climatológicas, entorno físico, estrategias de diseño, ventajas y beneficios de la aplicación de los criterios bioclimáticos.

Ejemplo de lo anterior son los talleres y seminarios sobre arquitectura y construcción tropical bioclimática, que ha venido desarrollando la empresa Techos Verdes, bajo la gestión de la Arq. Ángela María Stassano, investigadora nacional especialista y pionera de la enseñanza e implementación de la arquitectura tropical bioclimática en la ciudad de San Pedro Sula. Otro ejemplo es el Primer Congreso de Eco Arquitectura y eficiencia energética llevado a cabo en la ciudad capital, auspiciado por la empresa Tu Hábitat.

El hecho de haber participado en los eventos mencionados en el párrafo anterior contribuyó a despertar el interés de las autoras de la presente investigación e incrementar la motivación de incursionar en esta temática de gran actualidad y pertinencia para San Pedro Sula en particular.

La estructura del presente estudio comienza en el capítulo uno con el planteamiento de la investigación, sus antecedentes, objetivos, variables de estudio y justificación.

El capítulo dos se enfoca en el marco teórico que sirve de punto de partida para la propuesta. Se abordan cinco líneas de investigación: a) Conceptos y definiciones de arquitectura bioclimática, b) Factores naturales de clima y morfología del territorio de San Pedro Sula, c) Factores que determinan el potencial de la arquitectura tropical bioclimática, d) Impacto del diseño tropical bioclimático en San Pedro Sula, en tres niveles: 1) Nivel urbano general, 2) Nivel de edificaciones y 3) Nivel de detalles constructivos, que es el foco de atención del presente trabajo de investigación.

La metodología de la investigación, su enfoque, método, técnicas e instrumentos aplicados y las fuentes de información, se presentan en el capítulo tres.

A fin de justificar o no, la necesidad de crear a mediano plazo una guía de diseño que sirva de herramienta de planificación, remodelación o reciclaje de edificaciones y espacios urbanos en la ciudad de San Pedro Sula y debido al escaso conocimiento y reducida aplicación de la arquitectura tropical bioclimática a nivel general, se aplicó un cuestionario a una muestra de 72 personas; 45 de ellas, seleccionadas por conveniencia y 27 al azar.

Se entrevistó además a tres expertos en los diversos temas de interés del diseño tropical bioclimático: energía eléctrica, paisajismo (arborización) y legislación, con el propósito conocer las posibilidades de implementación de la guía.

Los resultados y análisis de la investigación del campo anterior, son expuestos en el capítulo cuatro, en tres apartados: b) Cuestionario aplicado a directivos, funcionarios y equipo técnico de instituciones públicas y privadas, a) Cuestionario aplicado a clientes potenciales de una vivienda con diseño tropical bioclimático en San Pedro Sula, anexos 3 y 4, y c) Entrevistas a expertos que se encuentran en el apartado 4.3 de este estudio.

Es a partir del análisis detallado la información anterior, que se propuso la creación del Catálogo de Detalles Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático, como parte de la Guía de Diseño, misma que al ser implementada, responderá de forma congruente a las variables que condicionan el diseño y construcción tanto en espacios interiores como exteriores de San Pedro Sula.

Finalmente surgen y se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes al tema, las cuales son expuestas en el capítulo cinco.

En el capítulo seis se expone la aplicabilidad a mediano plazo del Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Bioclimático una vez que sea implementada la guía de la cual formará parte, además se presentan los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática a la que servirá de apoyo la guía, las condiciones topográficas e hidrológicas de San Pedro Sula a las cuales responderá la misma y las recomendaciones pertinentes.

## 1.2 ALCANCE

El Proyecto integral objeto del presente estudio, consiste en una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para la ciudad de San Pedro Sula, en base a la cual se desarrolló el marco teórico y el trabajo de investigación. La guía abarcará tres niveles: urbanístico, edificaciones y elementos constructivos.

Como puede apreciarse en el marco teórico y lo enunciado en el párrafo anterior, el tema es muy amplio, por lo que existe la necesidad de delimitarlo conforme al tiempo y los medios de que se dispone para la realización del presente trabajo, así que el producto principal de esta investigación será un Catálogo de elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático, como uno de los componentes de la guía.

Una vez integrado a la guía, el catálogo será de utilidad para proyectistas, urbanistas, planificadores, sector de la construcción y ciudadanía en general, como una

herramienta de uso voluntario para la sistematización del diseño tropical bioclimático en la ciudad de San Pedro Sula.

### 1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

San Pedro Sula fue fundada el 27 de Junio de 1536 como la Villa de San Pedro de Puerto Caballos. El cultivo del banano, el establecimiento de las transnacionales, y la construcción del ferrocarril, impulsaron un notorio desarrollo económico. La construcción, es uno de sus más grandes exponentes y dentro la misma, la vivienda ocupa el primer lugar.

Las edificaciones bananeras tradicionales fueron expresiones culturales que surgieron como respuesta a las condiciones climatológicas y físicas del entorno, no obstante en la actualidad se observa que la ciudad ha sido influenciada por estilos importados y modas divorciados con el medio ambiente, lo que produce un consumo desmedido de energía eléctrica.

Para el desarrollo de la presente investigación, en consonancia con la política de ahorro energético a nivel mundial (Rodríguez, V. 2006) se ha seleccionado como objeto de estudio la localidad de San Pedro Sula, por ser en la actualidad la ciudad de mayor crecimiento económico, industrial y poblacional después de la ciudad capital.

San Pedro Sula pertenece también a la región de mayor consumo de energía eléctrica, donde el sector de la construcción y dentro de ella la vivienda, ocupa un porcentaje muy alto.

En la actualidad existen en San Pedro Sula, escasas experiencias de arquitectura tropical bioclimática, la realidad es que prevalece la arquitectura de diseño convencional, mismo que no considera la variedad de factores que influyen para el logro de construcciones eficientes, que inciden en la reducción del consumo de energía eléctrica, mejoramiento del confort y reducción de la vulnerabilidad. Ver mapa 1 del anexo 7.

Se han realizado estudios previos sobre el ahorro de energía producido por el diseño tropical bioclimático, en el año 2010 salió a la luz el trabajo denominado “Criterios de diseño bioclimático para la vivienda urbana en clima tropical húmedo de San Pedro Sula”, presentado por la Arq. Fanny Mabel Méndez, previa opción al título de máster en energía renovable, arquitectura y urbanismo: La Ciudad sostenible, de la Universidad Internacional de Andalucía, España

El trabajo de la arquitecta Méndez, consistió en comparar el consumo de energía eléctrica en una muestra de 8 casas de diseño convencional y 8 casas con diseño bioclimático; una de las razones por las que sus edificaciones no cuentan con elementos arquitectónicos que propicien el ahorro de energía eléctrica, se debió a que no les fue propuesto en la etapa de diseño o habían comprado la vivienda ya construida.

Estos resultados reflejan la imperante necesidad de que los profesionales de la construcción cumplan con el compromiso de trabajar para propiciar el ahorro de energía eléctrica desde la etapa de diseño de las edificaciones y espacios urbanos.

Entre las limitaciones para la implementación del catálogo tenemos las siguientes:

- a) Existe poco conocimiento y conciencia de la población de San Pedro Sula en general, sobre la importancia del diseño tropical bioclimático. Esto se confirmó mediante la aplicación de cuestionarios tanto a los tomadores de decisiones del campo como a los clientes potenciales de viviendas tropicales bioclimáticas.
- c) No contar con información meteorológica detallada. No existe una estación meteorológica ubicada dentro del casco urbano, siendo la estación del aeropuerto, la más próxima.

Lo anterior afecta porque las condiciones climáticas de la ciudad son diferentes, debido entre otras cosas a las islas de calor que se forman en las grandes áreas

pavimentadas, las que a inmediaciones del aeropuerto son reemplazadas por engramados y vegetación.

## 1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.4.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

San Pedro Sula, capital industrial del país, está experimentando un rápido crecimiento, el cual se refleja en el aumento de la mancha urbana y la fisonomía de la ciudad. Este crecimiento trae consigo la necesidad de planificación, seguimiento y control en el diseño y construcción de edificaciones y espacios públicos, tanto del sector público como privado para dar respuesta a las condiciones físicas, culturales y ambientales requeridas para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Ver mapa 4, Anexo 7

La mayoría de las edificaciones en San Pedro Sula, no corresponden a los factores que influyen en el uso eficiente de la energía eléctrica, conservación del medio ambiente y reducción de la vulnerabilidad.

Todo esto está relacionado por un lado, con la falta de aplicación de normativas existentes, algunas de ellas en estado de obsolescencia (Plan de desarrollo de la ciudad) y por otro, con la falta de una guía de diseño con criterio tropical bioclimático, lo que ha producido excelentes resultados en países como Perú y Costa Rica.

Es de hacer notar que antaño las construcciones de la zona norte, de las cuales aún quedan algunos ejemplares, respondían con muy alto sentido común, al confort térmico e integración al entorno natural, característica esta que no es considerada por la mayoría de los diseñadores, planificadores y constructores en la actualidad.

En San Pedro Sula existen factores naturales tales como el clima, las condiciones geográficas (ubicación, latitud, longitud, altitud) y físicas que intervienen a la hora de diseñar y construir edificaciones, para lograr la armonía con la naturaleza mediante el aprovechamiento, control y protección de sus recursos naturales (Sol, lluvia, vientos, vegetación). Ver mapa 2 del anexo 7. Otros factores importantes son: los culturales,

legales, ambientales, económico-sociales, uso del suelo y riesgo a inundaciones, en vista de que juegan un papel esencial en el diseño de las estrategias de diseño.

Un resumen de lo anterior lo encontramos en el libro “Adobe, Madera y Ladrillo” (Stassano, 1997) cuando declara:

Hacemos verdadera arquitectura cuando damos una respuesta balanceada y acorde a varios aspectos como el clima, el ambiente y materiales físicos disponibles y en especial a la ideología, costumbres y cultura de quien será el usuario... (Stassano, 2007).

#### 1.4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño y construcción actual de edificaciones y espacio urbano en San Pedro Sula, carece de criterios tropicales bioclimáticos, que contribuyan al consumo racional de energía eléctrica, reducción de la vulnerabilidad a inundaciones, aumento del confort térmico personal y creación de espacios públicos confortables.

#### 1.4.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la solución óptima para definir los criterios tropicales bioclimáticos del diseño y construcción de las edificaciones y espacio urbano en San Pedro Sula?
2. ¿Cuáles son los factores que determinan la aplicación de criterios tropicales bioclimáticos en el diseño y construcción de edificaciones en la ciudad de San Pedro Sula?
3. ¿Qué otras alternativas de solución relacionadas con la arquitectura tropical bioclimática existen en San Pedro Sula?
4. ¿Cómo incide la aplicación de criterios tropicales bioclimáticos en la reducción de riesgo en las edificaciones?

### 1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con el desarrollo de San Pedro Sula, mediante la creación de un Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático, el cual será parte de una

guía, para la sistematización del diseño de edificaciones y espacios urbanos, que conduzca al ahorro económico mediante la reducción del consumo de energía eléctrica, la vulnerabilidad a inundaciones y a lograr el confort térmico de sus habitantes.

## 1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.5.2.1 Identificar los factores que potencializan la arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula.

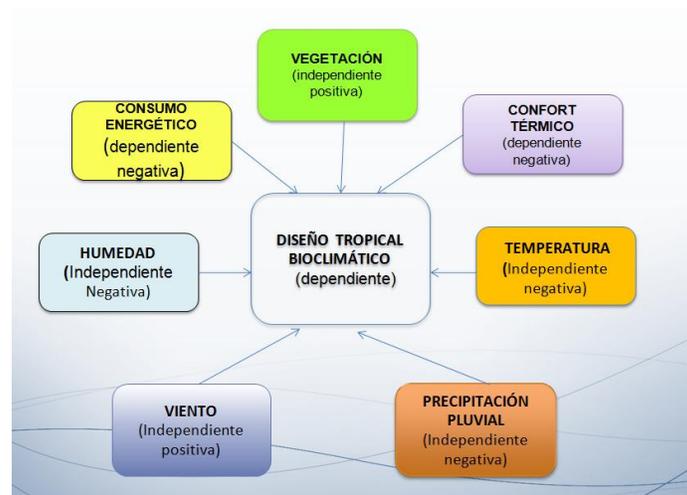
1.5.2.2 Analizar los datos obtenidos sobre factores que potencializan la arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula.

1.5.2.3 Sistematizar el diseño de edificaciones para hacerlas más eficientes

1.5.2.4. Definir una propuesta de solución viable, lógica y coherente que responda a los factores que intervienen en el diseño de edificaciones en San Pedro Sula.

1.5.2.5. Proponer un Catálogo de Detalles Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático, que contribuya a alcanzar la reducción en el consumo de energía eléctrica, el confort térmico y la vulnerabilidad a inundaciones en San Pedro Sula.

## 1.6 VARIABLES DE ESTUDIO



**Figura 1. Variables de estudio**

En concordancia con lo expresado con Silvia de Schiller (2008) en su obra: “*Desarrollo Urbano Sostenible: Guía para ciudades calientes y húmedas, el Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático*”, se enfoca en la relación que existe en las variables climáticas a las que por considerarlo muy importante, se han agregado las variables de vegetación y consumo de energía eléctrica.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

La creación del Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático para la ciudad de San Pedro Sula como parte de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático se justifica por las siguientes razones:

- a) El ahorro de energía eléctrica, ventaja más sobresaliente de la aplicación de los criterios bioclimáticos de diseño, es un tema actual de relevancia e interés mundial. Cada vez, son más los países que están conscientes de su trascendencia por sus efectos sociales, económicos y culturales.
- b) San Pedro Sula, pertenece a la Zona Norte, misma que ocupa el primer lugar en consumo de energía eléctrica en el país (Ver Figura 18). Tomar las medidas pertinentes para la reducción de dicho consumo es urgente y de gran relevancia para mejorar la calidad de vida de los sampedranos.
- c) En la ciudad de San Pedro Sula no existe una guía de diseño tropical bioclimático, para las edificaciones y espacios urbanos, por tanto el catálogo que resultará como producto principal de la presente investigación, y la posterior guía, vendrán a llenar el vacío existente, que contribuirá a hacer de la misma una ciudad más eficiente en el ahorro de energía eléctrica y reducción de la vulnerabilidad a inundaciones a la que está expuesta en forma reincidente gran parte de su población.
- d) La guía, por medio de la implementación de las estrategias propuestas en el catálogo, contribuirá a que en todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones, desde el diseño, construcción y la operación, se garantice el uso adecuado de los recursos.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES DE ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA

#### 2.1.1 AMBIENTE

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley General de Ambiente, se entiende por ambiente: “El conjunto formado por los recursos naturales, culturales y el espacio rural y urbano, que puede verse alterado por agentes físicos, químicos o biológicos, o por otros factores debido a causas naturales o actividades humanas, todos ellos susceptibles de afectar, directa o indirectamente las condiciones de vida del hombre y el desarrollo de la sociedad.” (Navas, 2011).

#### 2.1.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Es aquella que toma como base para su desarrollo, el clima y las condiciones del entorno para lograr el confort térmico interior de las edificaciones y espacios urbanos.

Estamos de acuerdo con Canales Sisniega, cuando en su artículo “Montajes e Instalaciones” (2006), hace referencia a que el proceso de construcción, produce consecuencias graves que afectan de manera negativa al medio ambiente, es por eso que el estudio e implementación de la arquitectura bioclimática, juega un papel fundamental, puesto que consiste en hacer un uso de los recursos tales como la energía eléctrica, el agua y los materiales, con el propósito de contribuir al cuidado del medio ambiente a través de la reducción de impactos ambientales, lo cual es posible lograr, tomando en cuenta el ciclo de vida de las edificaciones, mismo que comienza con el diseño, selección y forma de utilizar los materiales, la etapa de operación y mantenimiento, hasta su destrucción.

El diseño utiliza elementos arquitectónicos que ayudan a evitar el uso de sistemas mecánicos como aires acondicionados, produciendo de esa forma, un ahorro de energía eléctrica importante y por tanto en calidad de vida, confort térmico, salud física y emocional al tiempo que preserva el ambiente y equilibra la interacción la vida humana y el ecosistema, sin incurrir en mayores costos.

### 2.1.3 CLIMA

Es el conjunto de condiciones atmosféricas propias de una zona geográfica, abarca valores estadísticos durante un período representativo. Está determinada por la temperatura, la humedad relativa, el viento, y la precipitación pluvial, pero también entran en juego las variables topográficas y territoriales. (Diccionario Real Academia).

### 2.1.4 HUMEDAD

Es el contenido de agua en el aire. Existen diferentes escalas para medirla, pudiendo expresarse como humedad relativa o absoluta. La humedad relativa, es una manifestación de energía del aire, relacionada de manera directa con la temperatura, afectando la percepción de confort. (Falcon, 2007)

### 2.1.5 CONFORT AMBIENTAL

Es un estado ideal del ser humano que supone bienestar salud y comodidad. Requiere analizar, tanto los aspectos físicos u objetivos del medio, como son el sonido, la luz, el color, la temperatura, la humedad, el movimiento y la pureza del aire, como los aspectos fisiológicos, sociales, económicos y fisiológicos del ser humano y su entorno. El confort ambiental comprende el confort térmico, acústico, lumínico, olfativo, visual y psicológico (Rodríguez, 2006)

### 2.1.6 ESTRATEGIAS PASIVAS

Son técnicas sencillas de enfriamiento, que permiten bajar las temperaturas interiores según la necesidad, usando fuentes de energía natural como ser el viento y el sol. El término pasivo no excluye la utilización de artefactos mecánicos con discreción. (Brown, 1994).

### 2.1.7 HIDROLOGÍA

Campo que estudia las propiedades, la distribución y la circulación del agua en la superficie de la tierra, en el suelo y en la atmósfera de determinado lugar. En diseño bioclimático es esencial, determinar la cantidad, calidad y el origen del tipo de agua disponible para el mantenimiento de las zonas verdes. (Falcón, 2007).

#### 2.1.8 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. (Olgyay V, 2002)

#### 2.1.9 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Es agua procedente de la atmósfera, que en forma sólida o líquida, se deposita sobre la Tierra. La forma más común es la pluvial, que llega a la superficie en gotas, y se mide en milímetros de precipitación pluvial en un período determinado. (Falcon A. 2007)

#### 2.1.10 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 es mayor durante todo el año y en los cercanos a los polos, la radiación es muy baja durante el año, razón por la cual se forman los casquetes de nieve y los glaciares. (Lacomba, 2004)

#### 2.1.11 TEMPERATURA

Es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa a través de una escala termométrica. Se utilizan en general tres escalas dadas en grados Centígrados, Kelvin y Fahrenheit. En la práctica se obtienen valores de la temperatura máxima, mínima y promedio. Estas lecturas existen en base a datos mensuales y anuales. Su validez depende de que correspondan a promedios en un mínimo de 20 años de registro. (Viqueira M, 2006)

#### 2.1.12 VENTILACIÓN

La ventilación es uno de los criterios de emplazamiento más importantes a considerar en la arquitectura tropical bioclimática, se requiere captar el viento. Es el recurso básico para la climatización pasiva, a tomar en cuenta en el trópico húmedo. Para lograr el mejor aprovechamiento del viento es necesario comprender su comportamiento y los patrones que sigue su recorrido fuera y dentro de las edificaciones y sus efectos de presión y succión. (Rodríguez M. 2006).

### 2.1.13 VIENTO

Es la atmósfera en movimiento, que se forma por efecto de las corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales. Los atributos que lo caracterizan son: dirección, frecuencia y velocidad. En términos del diseño tropical bioclimático, tiene peso la dirección predominante de los mismos. En climas cálidos húmedos, el movimiento del aire constituye el elemento principal para alcanzar el confort. (Olgay V., 1998)

## 2.2 FACTORES NATURALES DE CLIMA Y MORFOLOGÍA DEL TERRITORIO DE SAN PEDRO SULA

### 2.2.1 FACTORES CLIMÁTICOS

Según Olgay (2002), la climatología, fundamento de la arquitectura tropical bioclimática, es el compendio de todas las variables meteorológicas y las mismas deben tomarse en cuenta en las soluciones arquitectónicas, porque afectan de forma determinante las formas de confort humano.

De acuerdo con Ugarte, autora de la Guía Bioclimática Construir con el Clima, del Instituto de Arquitectura Tropical, los principales tipos de clima se definen conforme a los parámetros de temperatura y la humedad, según los cuales existen 4 categorías de clima: a) Climas fríos, para temperaturas promedio anuales de menos de 10°C, b) Climas templados para temperaturas promedio anuales comprendidas entre 10 y 20°C, c) Climas cálidos para temperaturas promedio anuales comprendidas entre 20 y 30° C, d) Climas muy calientes para temperaturas promedio anuales superiores a 30°C.

Todos estos climas se clasifican en dos categorías: 1) Tropical seco: para humedad relativa inferior a 55%, **2) Tropical húmedo: para humedad relativa superior a 55%.**

Las condiciones atmosféricas que caracterizan el clima son: la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar, la cantidad de precipitaciones y la dirección, frecuencia e intensidad del viento.

**Tabla1. Parámetros climáticos promedio San Pedro Sula (enero-julio)**

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>
<b>Temperatura máxima media (°C)</b>	28	29	31	32	33	33	32
<b>Precipitaciones (mm)</b>	70	50	30	30	60	160	120
<b>Temperatura mínima media (°C)</b>	20	21	22	23	24	24	23
<b>Temperatura promedio (°C)</b>	24	25	27	28	29	28	28
<b>Temperatura máxima registrada (°C)</b>	36	37	43	41	43	40	42
<b>Velocidad del viento promedio</b>	14	16	17	17	17	17	16Km/h
<b>Humedad relativa promedio por la mañana</b>	96	95	93	91	90	92	94%
<b>Humedad relativa promedio por la noche</b>	69	64	59	57	58	61	64%
<b>Velocidad promedio del viento</b>	14	16	17	17	17	17	16Km/h

Fuente: Worldweather.org

**Humedad Relativa:** Expresa el porcentaje de vapor de agua que contiene el aire, bajo las condiciones actuales (<http://definicion.de/humedad/>).

**Tabla 2. Parámetros climáticos promedio San Pedro Sula (agosto-diciembre)**

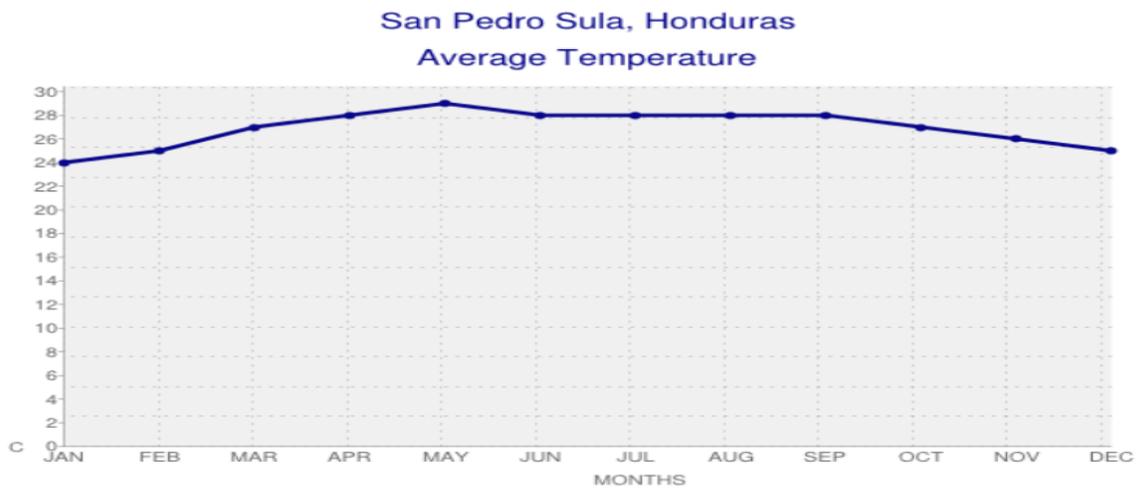
Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año (%)
<b>Temperatura máxima media (°C)</b>	32	32	30	29	28	31
<b>Precipitaciones (mm)</b>	100	160	160	130	110	1,210
<b>Temperatura promedio</b>	28	28	27	26	25	27
<b>Temperatura máxima registrada</b>	37	37	37	37	37	43
<b>Temperatura mínima registrada</b>	10	20	17	15	13	10
<b>Humedad relativa promedio por la mañana</b>	94	94	95	96	96	94
<b>Humedad relativa por la noche</b>	64	64	68	69	72	64
<b>Velocidad promedio del viento</b>	16	16	14	14	14	16Km/h

Fuente: Worldweather.org

En las tablas 1 y 2 se observa que las temperaturas de San Pedro Sula van de los 21 a los 39°C. Existen datos que marcan sensaciones térmicas de hasta los 43.5°C (mayo de 2010).

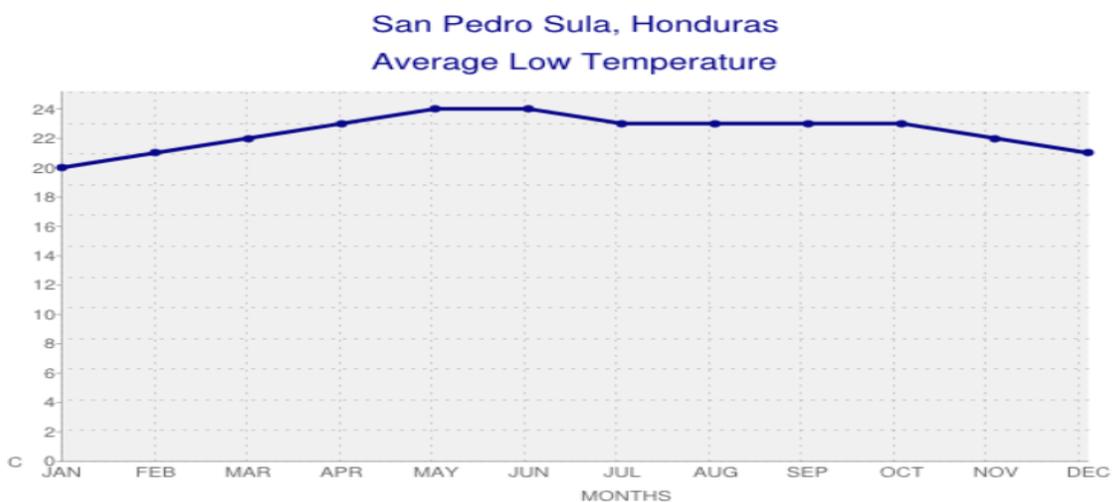
Es importante tomar en cuenta que para lograr condiciones favorables de confort, el cuerpo humano requiere de espacios con condiciones óptimas de habitabilidad, las cuales dependen en gran parte de la forma en que se manejen estos elementos

climáticos que en cada lugar son específicos y diferentes, por lo tanto requieren de tratamiento individual cuando de diseño tropical bioclimático de edificaciones y espacios públicos se trata.



**Figura 2. Temperatura Promedio**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



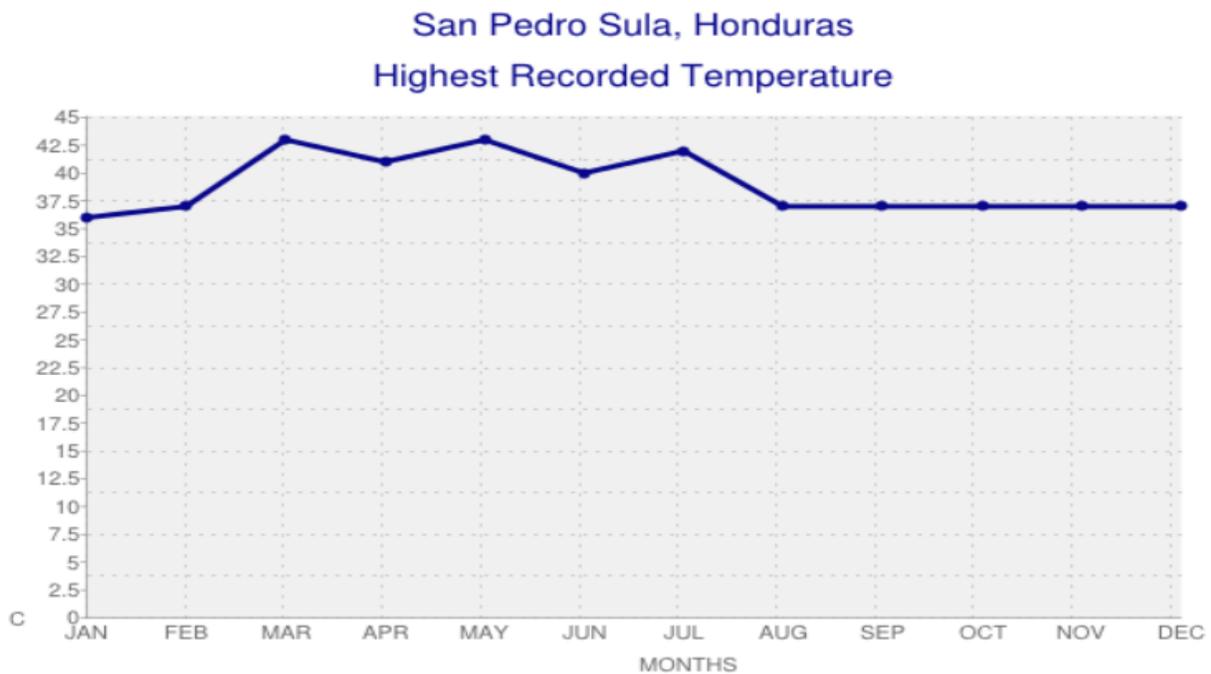
**Figura 3. Temperatura Baja Promedio**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>



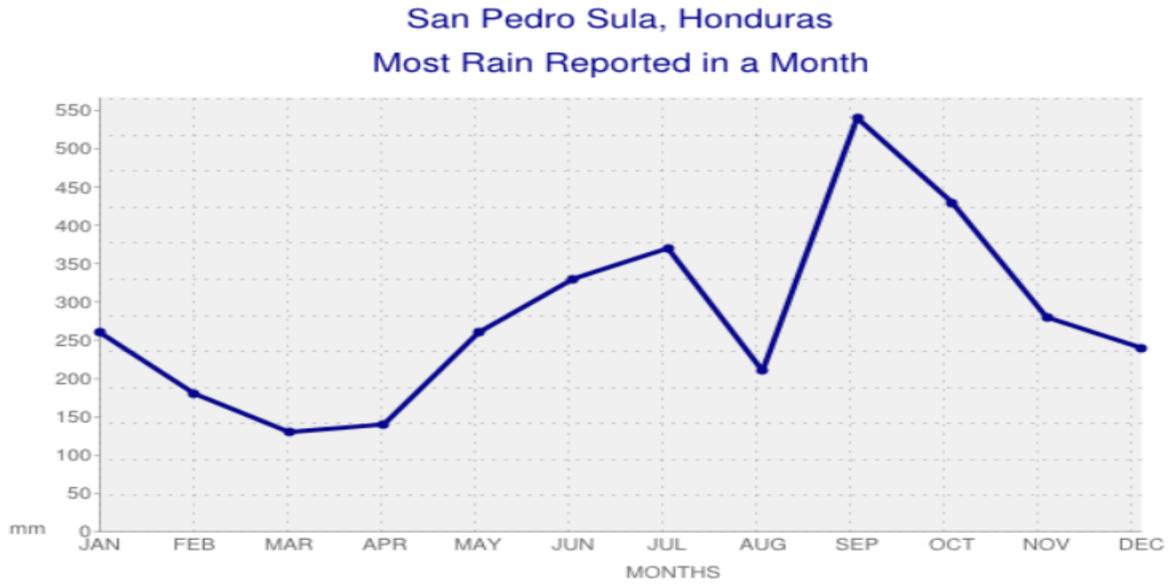
**Figura 4. Precipitación Promedia**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



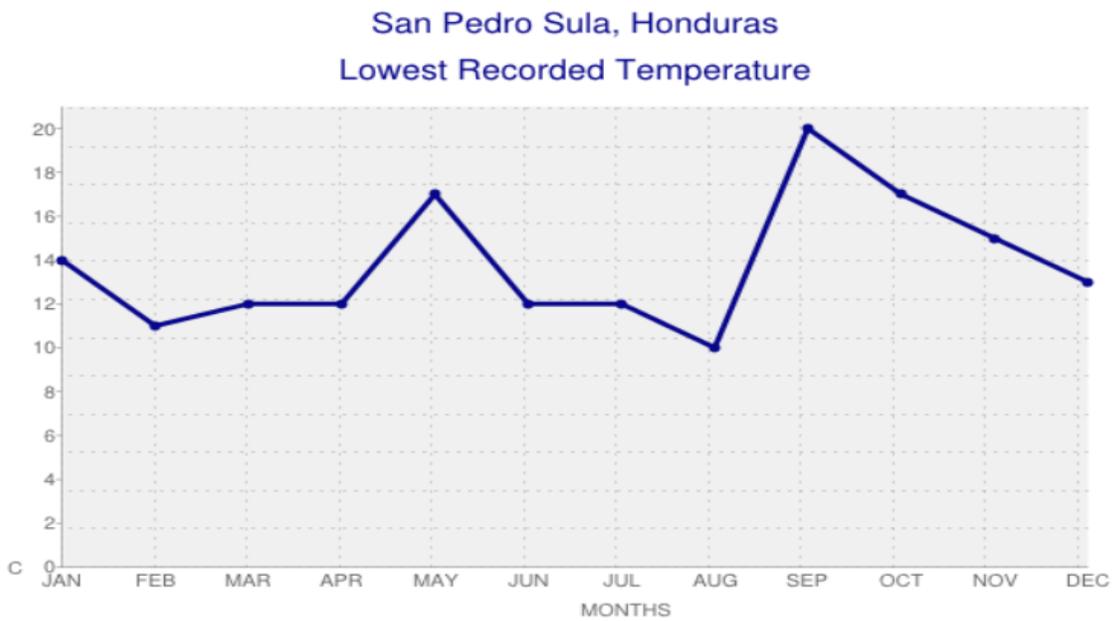
**Figura 5. Temperatura más alta registrada**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



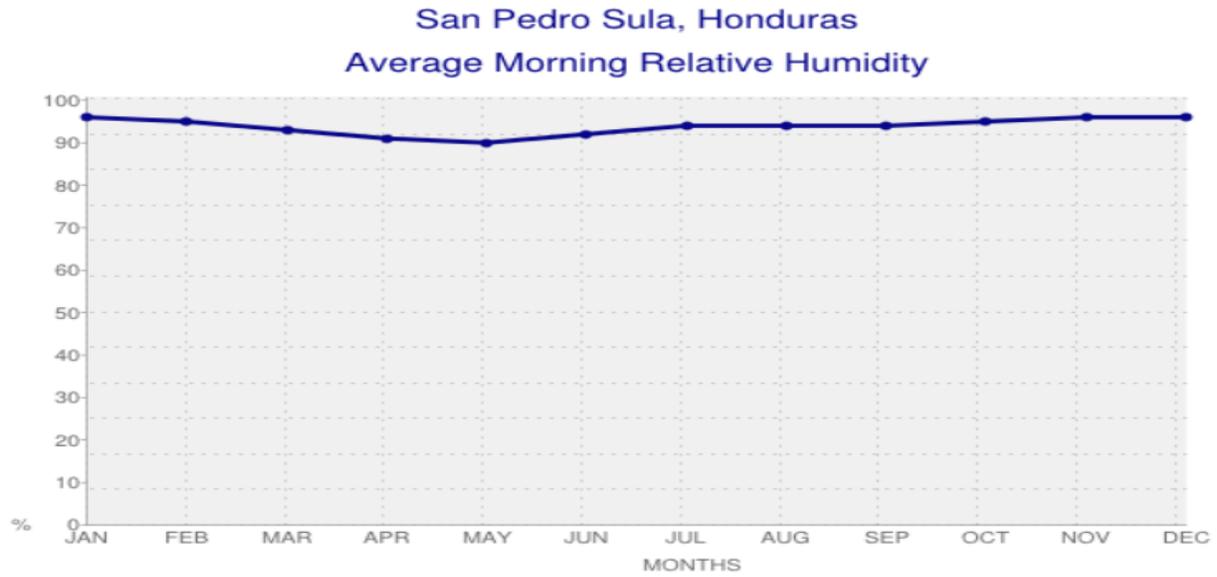
**Figura 6. Máxima lluvia registrada por mes**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



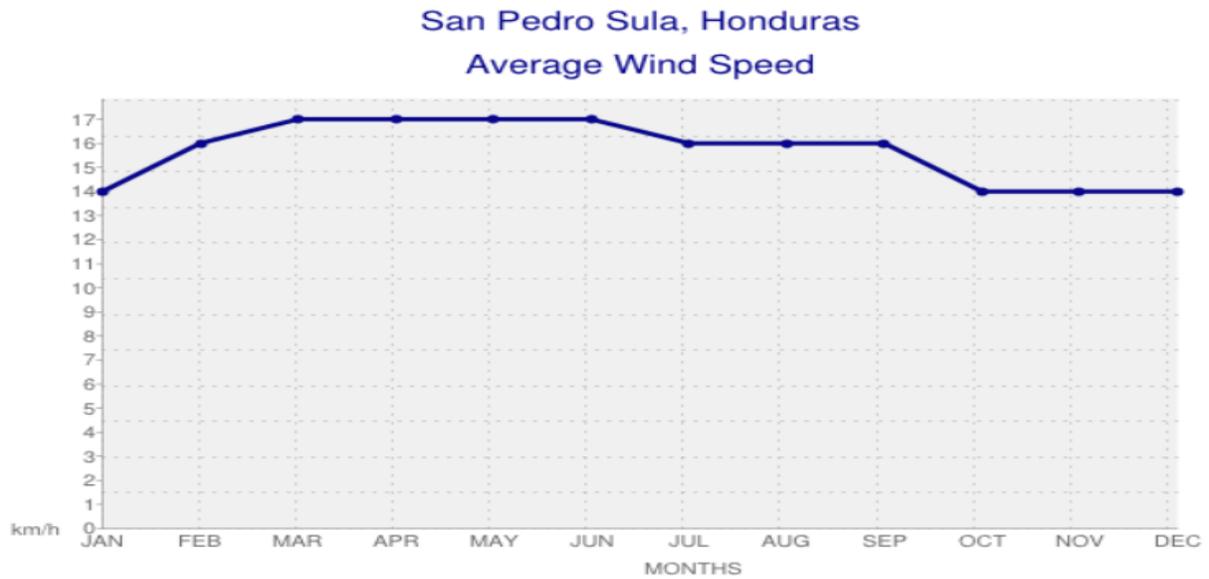
**Figura 7. Temperatura más baja registrada**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



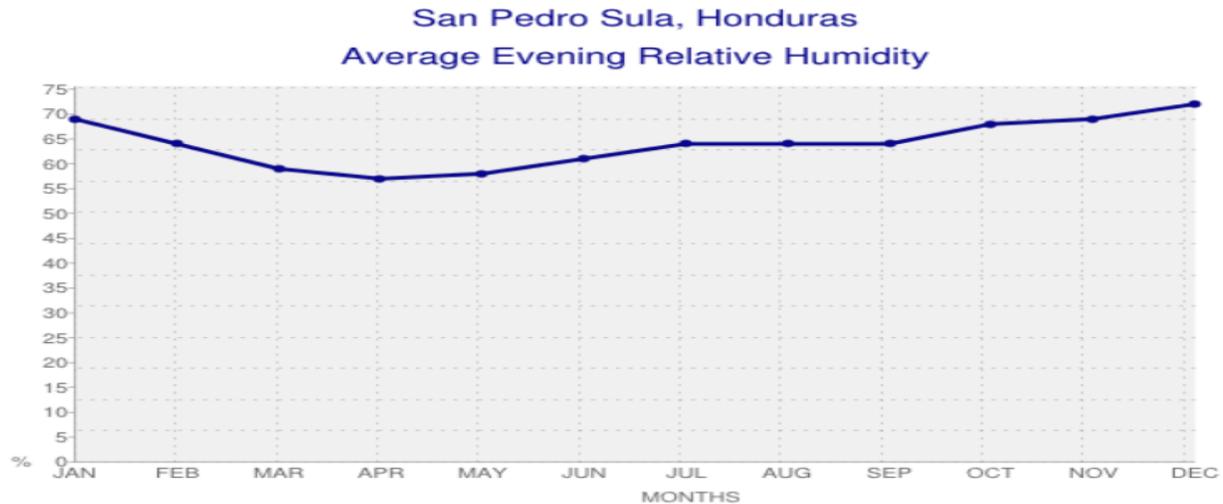
**Figura 8. Promedio de humedad relativa en horas de la mañana**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



**Figura 9. Promedio de la velocidad del viento**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.



**Figura 10. Promedio de humedad relativa en la tarde**

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>.

Tal como se registra en las gráficas, los meses que muestran mayor temperatura en 18 años, han sido abril y mayo, con un promedio de 29°C, siendo la más baja temperatura registrada, la que corresponde al mes de diciembre y enero con 24°C.

Los meses de mayor precipitación pluvial según registros, son mayo y septiembre con un promedio de 155 mm/m<sup>2</sup>. La humedad relativa tiende a ser más alta por la mañana y más baja por la tarde. En relación al viento existe mayor velocidad en los meses de marzo, abril y mayo, que coincide con las más altas temperaturas. El registro de menor velocidad del viento es el de los meses noviembre y diciembre. Es de hacer notar que existen variables complementarias, como ser el brillo solar, y el índice de reflectancia, pero el abordaje del presente trabajo se limita a los cuatro elementos sobresalientes del clima tropical, que son temperatura, precipitación pluvial, viento y la vegetación, ésta última, en cada uno de sus niveles.

De acuerdo con el glosario meteorológico, clima es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, y orografía. En el caso de los datos que se presentan en este estudio, estos períodos pueden apreciarse en la tabla 3.

**Tabla 3. Período registrado en gráficas climatológicas.**

Elementos climatológicos	Periodo registrado
Promedio de temperatura	18 años
Promedio de temperatura más alta	18 años
Promedio de temperatura más baja	18 años
Promedio de precipitación pluvial	39 años
Record de temperatura más alta	18 años
Record de temperatura más baja	18 años
Mayor lluvia reportada en el mes	39 años
Promedio de humedad relativa matutina	11 años
Promedio de humedad relativa vespertina	11 años
Velocidad del viento	11 años

Fuente: <http://www.weatherbase.com/about.php3>

En general el clima en Honduras es tropical, con dos estaciones bien marcadas: la seca y la húmeda. Las temperaturas son elevadas todo el año, y es mucho más húmedo en la región norte que en la sur. En las montañas el clima es fresco, mientras que en la costa norte las temperaturas son muy altas, no obstante las constantes lluvias de la zona moderan el calor.

Honduras está dividida en seis zonas climáticas: a) Norte litoral Caribe, b) Norte interior, c) Occidente; d) Oriente, e) Centro y f) Sur.

El informe Nacional para la Conferencia Internacional de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, presentó la clasificación que se observa en el Anexo 10.

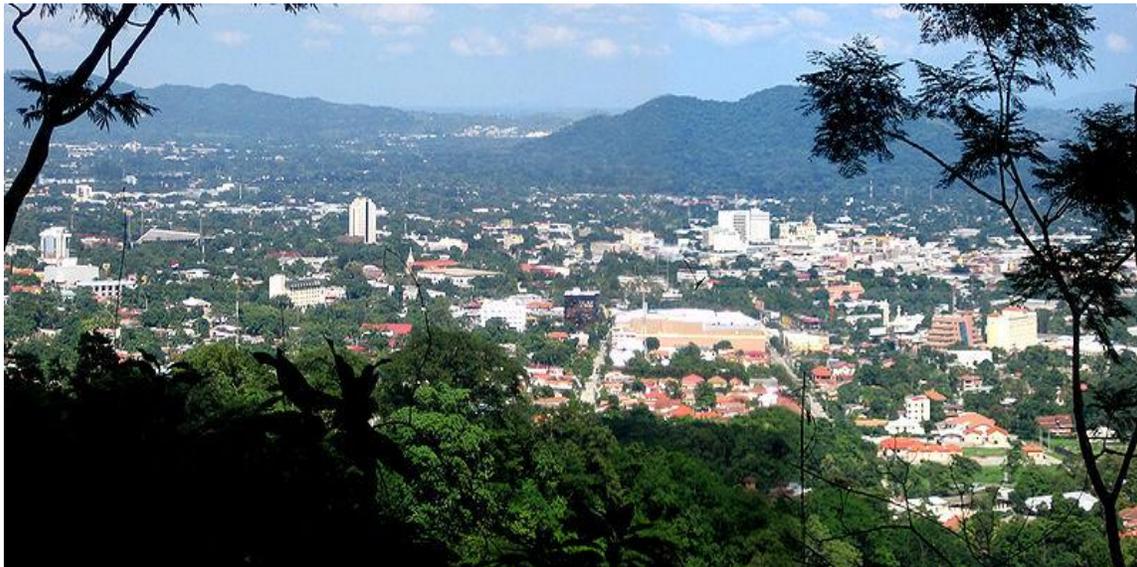
## 2.2.2 FACTORES GEOGRÁFICOS

### 2.2.2.1 Ubicación

Según datos encontrados en [www. Weatherbase.com.](http://www.Weatherbase.com), San Pedro Sula le corresponde una latitud de 15°27 Norte, una longitud de 87°56 Oeste y una altitud de 31 msnm. De

acuerdo a los datos proporcionados por la oficina de Catastro municipal, dependencia de la Alcaldía Municipal, el area total del municipio es de 837.5928 Km.2., correspondiendo 550.0552Km2 al área rural y 287.5376 Km2 al área urbana.

Esta ubicación le confiere a San Pedro Sula condiciones climatológicas muy especiales, que la ubican en la categoría que corresponde al clima tropical húmedo, el cual se caracteriza entre otros aspectos, por temperaturas y precipitación pluvial muy altas.



**Figura 11. Panorámica general de San Pedro Sula.**

Fuente: <http://conferences.tephinet.org/americas-region-2011/sanpedro>

La montaña del Merendón se encuentra situada al lado Oeste de la ciudad, misma orientación desde la cual drena la ciudad hacia el lado Este. Esto debe ser tomado en cuenta en el diseño de edificaciones y espacios urbanos, para proveer soluciones coherentes y armónicas con la topografía y demás condiciones físicas.

El catálogo como parte de la guía de diseño tropical bioclimático, proporciona en forma ordenada y de fácil comprensión, los elementos constructivos con criterio tropical bioclimático que deben utilizarse en las edificaciones, de acuerdo a la latitud, longitud y altitud en que se ubica la ciudad de San Pedro Sula y su relación con el entorno.

### 2.2.2.2 Topografía

San Pedro Sula cuenta con una topografía mixta, puesto que contiene áreas altas como es la montaña del Merendón y en la parte suroeste, áreas bajas que conforman la mayor parte de la ciudad. Hidrológicamente el área cuenta con dos de las cuencas más importantes de Honduras como ser la cuenca del Río Ulúa y la cuenca del Río Chamelecón, por lo cual la zona está sujeta a continuas inundaciones principalmente en la temporada lluviosa, afectando a buena parte de la población (Diagnóstico de vulnerabilidad de San Pedro Sula, julio de 2010) . Ver mapa 3 del anexo 7 (BMs).

Concordamos con Oglyay, cuando en su libro: “ Arquitectura y clima” (2002) expresa que las características naturales (topografía) del terreno marcan modificaciones en el microclima y deben ser muy tomadas en cuenta en la elección del emplazamiento y desarrollo de otras actividades humanas.



**Figura 12. Vista aérea de San Pedro Sula y el Río Chamelecón**

Fuente: <http://www.xeologosdelmundu.org/?q=es/node/317>

Brown (1994) coincide con Oglyay cuando expresa que los microclimas favorables creados por la topografía, se pueden utilizar para crear grupos de edificios, para exponerlos al viento y disminuir la exposición solar por las tardes. En San Pedro Sula

las necesidades de sombra y protección frente a las altas temperaturas, son necesarias durante la mayor parte del año y deben estudiarse cuidadosamente.

En el clima cálido – húmedo, uno de los elementos principales para alcanzar el confort térmico, es el movimiento del aire, por tal razón el emplazamiento de las edificaciones debe realizarse en áreas expuestas a corrientes de aire. Las pendientes en dirección norte o sur, son las más apropiadas y la consideración del viento es la más importante, porque la sombra puede lograrse por otros medios.

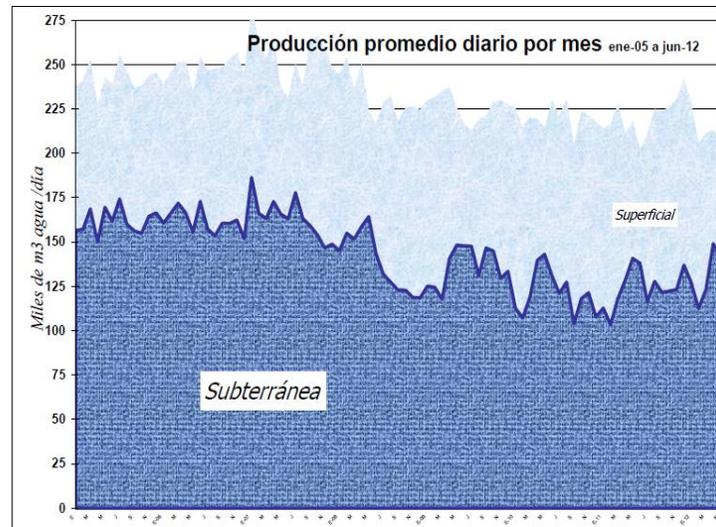
### 2.2.2.3 Hidrología

Tal como lo indica el Plan de País 2010, San Pedro Sula está comprendida en la macrocuenca Centro - Oeste del Honduras. La hidrología del Valle de Sula está sujeta principalmente a la influencia de los ríos Ulúa y Chamelecón, que desembocan en el océano Atlántico. El valle está delimitado en el lado Oeste, por la sierras del Merendón y Mico Quemado, de donde parten las escorrentías .

El sistema de drenaje comprende ríos y quebradas de corta longitud y de alta pendiente, condición esta que contribuye a provocar fuertes escorrentías provenientes de la montaña del Merendón. También existen en el subsuelo, los acuíferos subterráneos, provenientes del agua que se filtra por el terreno, hasta encontrar una capa impermeable, y que define el nivel freático. De acuerdo a la apreciación de Higuera, en su libro “ Urbanismo Bioclimático” (2010), es importante, bajo esta temática, propiciar la infiltración de la escorrentía al subsuelo, como una respuesta al mejor aprovechamiento del recurso agua. Dadas las fuertes pendientes de la topografía de San Pedro Sula, y tal como propone la arquitectura tropical bioclimática, es conveniente, la utilización de pavimentos permeables que permitan la recarga de acuíferos y reducción de las escorrentías.

Esta medida tiene mas peso aun, si se considera que según informe anual 2011, de Aguas de San Pedro Sula, la tendencia para el suministro de agua potable, es del 50% captada de forma subterránea y el restante 50% es captado de aguas superficiales,

como puede apreciarse en la gráfica de producción promedio diario por mes siguiente, proporcionado por la empresa concesionaria Aguas de San Pedro:



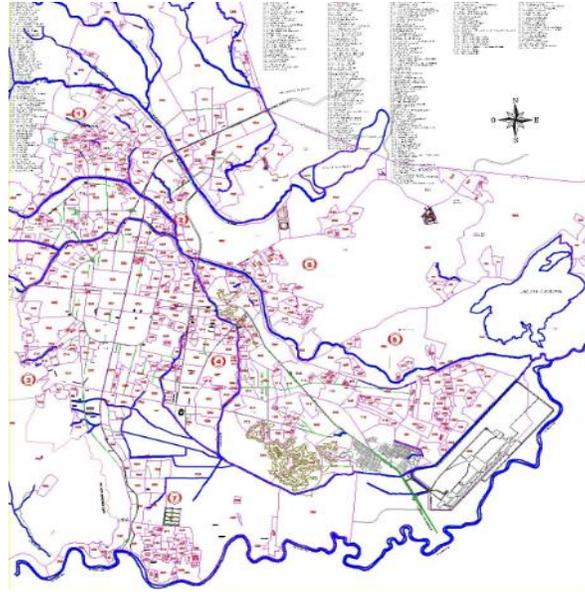
**Figura 13. Reporte de producción y consumo diario enero 2005 a junio 2012**

Fuente: Oficina de Aguas de San Pedro

Las tres empresas que están a la cabeza y deben involucrarse con determinación en las iniciativas tendientes al aprovechamiento de los servicios públicos en la ciudad de San Pedro Sula son: La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), la Municipalidad y Aguas de San Pedro.

De enero 2005 a junio 2012, se registra una mejora del aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas. La tendencia es equiparar el consumo subterráneo y superficial, con la demanda y consumo de agua de la ciudad.

Por otro lado y tal como lo señala Higuera E.(2010), las características de la red hidrográfica, tienen consecuencias importantes, sobre la vulnerabilidad de los acuíferos, en este sentido, dicho aspecto debe ser un factor determinante en el momento de planear la red de espacios libres y zonas verdes.



**Figura 14. Mapa de ríos de San Pedro Sula**

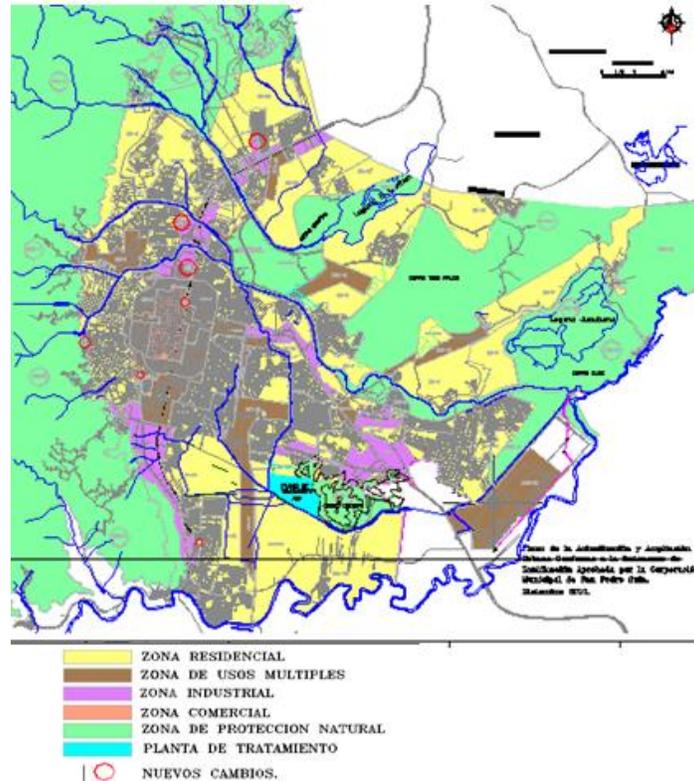
Fuente: Dirección de Investigación y Estadísticas Municipales (DIEM)

Como puede apreciarse la retícula de la ciudad de San Pedro Sula se encuentra inmersa en una gran cantidad de vertientes entre ellas las de los ríos: Chiquito, Armenta, Zapotal, Piedras, Bermejo, Santa Ana y Blanco, así como de las lagunas de Jucutuma y el Carmen.

Los ríos funcionan como canales de viento, por lo tanto es un recurso que podría aprovecharse para ventilar la ciudad en forma adecuada, no obstante, en los 16 bordos (50 km lineales) que rodean la ciudad, viven aproximadamente 10.000 familias en condiciones precarias, que al carecer de los servicios básicos, los convierten en un foco de infección. La reubicación de estas familias por parte de las autoridades es urgente.

#### 2.2.2.4 Uso del territorio

Tal como lo indica el Breviario Estadístico 2001-2004, emitido por el departamento de Investigación y Estadística Municipal, la distribución espacial es producto de la dependencia con los recursos naturales, accesibilidad y equipamiento de su infraestructura. El documento anterior presenta una proyección de la población para el 2010 y 2015 de 738,227 y 832,957 respectivamente.



**Figura 15. Mapa de zonificación de San Pedro Sula**

Fuente: Dirección de Investigación Estadística Municipal

Tal como lo indica la figura 5, el mayor porcentaje de uso del suelo lo representa el residencial, seguida por la zona de usos múltiples y la zona industrial. Ambos sectores requieren de atención especial en cuanto a las estrategias de diseño que deben implementarse desde la etapa de diseño.

### 2.3.FACTORES QUE DETERMINAN EL POTENCIAL DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA

Estamos de acuerdo con Givony B. (1998) cuando afirma que existen detalles de diseño de las edificaciones que afectan las condiciones climáticas de ventilación. El arquitecto con su trazo inicial debe hacer la diferencia, estableciendo un matrimonio entre arquitectura y naturaleza, aprovechando los recursos naturales y controlando los mismos cuando sea necesario.

El viento, el sol, la lluvia y la vegetación, están disponibles en San Pedro Sula y cada ciudadano debe hacer lo propio para aprovechar el potencial que representan dichos recursos, no obstante el rol del arquitecto, en su calidad de técnico conocedor del tema y llamado a desempeñar su papel en forma proactiva, es decisivo.

### 2.3.1 APROVECHAMIENTO CONTROL Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

#### 2.3.1.1 El viento

El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en la arquitectura tropical bioclimática, por tanto debe aprovecharse de la mejor manera, tanto en la ventilación de las edificaciones, como en los espacios urbanos en general. En cuanto a la orientación, en el clima cálido-húmedo de San Pedro Sula, la dirección predominante del viento, según <http://www.eltiempo24.es/San+Pedro+Sula> es la Noreste.

Es importante tomar en cuenta que los vientos predominantes, se comportan dependiendo de las características locales donde se emplazan las edificaciones, tales como: topografía, acabados en los pisos, vegetación y construcciones cercanas al terreno.

En San Pedro Sula los vientos son escasos, existen calmas constantes y prolongadas, por tal razón debe estudiarse muy bien la orientación de las edificaciones para captar la mayor cantidad de viento posible, además de utilizar los elementos constructivos que propician su aprovechamiento y control (parapetos, tipos de ventanas, creación de sombras naturales y artificiales)

Por otro lado influyen las características arquitectónicas y constructivas tales como: Forma, dimensión y envoltura del edificio, localización y tamaño de las aberturas de entrada y salida de aire, acabados en pisos exteriores, tipo y tamaño de ventanas, lo cual produce un efecto en el flujo, el aire interno y externo de las edificaciones y espacios urbanos.

### 2.3.1.2. El sol

El sol constituye la principal fuente de energía del planeta, y su acción directa se traduce en luz y calor. Está disponible en abundancia en la latitud que corresponde a San Pedro Sula, este hecho representa un gran potencial que la naturaleza le brinda para contribuir al ahorro de energía eléctrica, mediante la transformación de esa energía para diferentes usos domésticos y urbanísticos.

Por otro lado, surge la necesidad de controlar la radiación solar, tanto en las edificaciones como en el paisaje urbano. En este sentido tiene lugar el asolamiento, que no es otra cosa que las consideraciones, en relación a la protección de la incidencia de los rayos solares, a efecto de atenuar sus efectos adversos.

Para lograr lo anterior se requiere conocer la trayectoria solar local, a lo largo del año y poner en práctica las estrategias conducentes a la creación de sombras, las cuales pueden ser naturales (vegetación) y artificiales, es decir mediante la aplicación de los elementos constructivos que el caso amerite.

La piel del edificio actúa como filtro entre las condiciones externas e internas para controlar la entrada de aire, calor, frío, luz, ruidos y olores; razón por la cual los materiales que conforman dicha piel juegan un papel decisivo en el control de los rayos solares (Olgyay, 2002).

Otros factores que intervienen en el control solar son la ubicación, tamaño y forma de las aperturas al exterior y el uso de dispositivos de diseño como ser quiebrasoles, aleros, toldos pérgolas, o la propuesta de espacios arquitectónicos como porches, que se constituyen en una agradable área de transición entre el interior y el exterior de las edificaciones.

Como puede apreciarse en la tabla 4, el uso del color es otro factor importante para reducir las posibilidades de calentamiento, tanto al interior de las edificaciones como en su entorno circundante.

Mientras los colores claros reflejan el impacto del sol, los oscuros lo absorben, por tal razón es recomendable pintar las fachadas y techos en colores claros. En tanto que los toldos por el contrario, deben ser de colores oscuros para proporcionar mejor sombra.

**Tabla 4. Factores de reflexión de colores y materiales iluminados con luz blanca**

<b>COLOR/ MATERIAL</b>	<b>FACTOR DE REFLEXIÓN</b>
Blanco	100
Papel blanco	80 – 85
Marfil, amarillo limón	70 – 75
Amarillo brillante, ocre claro, verde claro, azul pastel, rosa claro, crema	60 – 65
Verde limón, gris pálido, rosa, naranja, gris azulado	50 – 55
Madera clara, azul celeste	40 – 45
Roble, hormigón seco	30 -35
Rojo oscuro, verde árbol, verde olivo, verde hierba	20 -25
Azul oscuro, púrpura	10 -15
Negro	0

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guías>

Según Martín Ocaña, en su artículo Construcción Bioclimática, al pintar la casa de blanco, reducimos la absorción de calor por los muros. Un tejado claro, frente a uno oscuro, reduce la carga térmica (absorción de calor) en un 50%.

La localización, y orientación adecuadas son decisivas para efectos de control solar, que junto a la presencia de algunos elementos arquitectónicos, texturas y formas, contribuyen al logro de ese objetivo.

Por otro lado, la incorporación de arborización en la ciudad, debe utilizarse como estratégica básica, para crear sombra en los espacios públicos e impedir la incidencia

directa de rayos de sol, creando microclimas con temperaturas inferiores a las del entorno, que inciden en la reducción de energía eléctrica.

#### 2.3.1.3 La lluvia

El clima tropical húmedo de San Pedro Sula, está caracterizado por abundante sol y lluvia, siendo la precipitación media anual de 2,890mm.

Según cálculos proporcionados por Aguas de San Pedro, aproximadamente el 50% del agua potable, es captada de forma subterránea y el otro 50% proviene de fuentes superficiales. Los acuíferos han bajado su manto freático, por lo que urge provocar la recarga de los mismos con la captación de aguas lluvias, con la presencia importante de áreas verdes a lo largo de la ciudad, o con pavimentos permeables, que también contribuyen a reducir las escorrentías y el calor reflejado por medio de la evapotranspiración.

En este mismo orden de ideas, se debe retomar lo que la lógica de otros tiempos indicaba, la construcción sobre pilotes, de tal forma que exista una acentuada diferencia de nivel entre la calle y la edificación, propiciando con esta buena práctica, el aprovechamiento del viento, y evitar que las edificaciones se expongan a las inundaciones.

#### 2.3.1.4 La vegetación

La arborización juega un papel preponderante en la calidad de vida de los seres humanos, lo que incluye su bienestar integral: físico, emocional y espiritual, también es fundamental en la conservación de la biodiversidad, preservación de las especies.

Tomando en cuenta lo anterior se debe estudiar cuidadosamente desde la etapa del diseño el tipo de vegetación que se propondrá, con el propósito de disfrutar de los beneficios, que en el caso de San Pedro Sula, que cuenta con un clima tropical húmedo, van desde la sombra que es tan apreciada, como el oxígeno que es vital para nuestra existencia además de proporcionar belleza, evita la erosión del suelo, por lo que es un valor agregado que se traduce en beneficio económico desde todo punto de vista: ahorro energético y salud, lo que trae aparejada mayor productividad y por tanto mayor calidad de vida individual, familiar y social, sin incurrir en mayores costos.

Según lo expresa Coder (1996), la arborización provee identidad local y mejora la autoestima comunitaria. Además de las siguientes contribuciones: a) Fijación de polvo y gases tóxicos y purificación del aire, que favorece la salud física y emocional de las personas, b) Mejoría del microclima de la ciudad, mediante la retención de la humedad del suelo y del aire, así como por la generación de sombra, c) Reducción de la velocidad del viento y la temperatura, d) Favorece la infiltración de agua en el suelo y provoca evaporación más lenta, e) Reducción de temperatura, f) Reduce impacto visual provocado por elementos artificiales, tales como rótulos que inundan el paisaje urbano de las ciudades y en las que San Pedro Sula no es la excepción y el de los múltiples ruidos característicos de las ciudades, g) Los árboles propician una variedad mayor de especies que se hospedan en sus ramas y de esa forma se logra un equilibrio ecológico.

Existe una gran variedad de especies vegetales adecuadas para ser plantadas en cada caso particular: la reducción de la polución en estacionamientos, corredores de fauna, aceras, red eléctrica pública, áreas verdes, parques y áreas de esparcimiento urbanos.

Según Falcon 2007, es importante tomar en cuenta al menos tres estratos de vegetación: a) arbóreo: árboles grandes y pequeños que inciden en la definición de los jardines, b) arbustivo: grupos de plantas vivaces, incluye las trepadoras y c) cubre suelos o cobertores, es decir, los diferentes tipos de gramas.

Estamos de acuerdo con Coder (1996) cuando recomienda el levantamiento de la siguiente información en las ciudades como insumo para su diseño:

a) Estudio de las especies, b) comportamiento del medio urbano, c) integración con los otros elementos de las ciudades, d) dimensiones de las calles y paseos, altura de las construcciones, e) condiciones de clima y suelo, f) flujo de vehículos y peatones.

### 2.3.2 FACTORES CULTURALES

Los principios orientadores del desarrollo del país para el período 2010-2038, son el respeto y preservación de la cultura, que son parte de nuestro patrimonio. En este

sentido las costumbres y tradiciones representan un factor importante que potencializa la arquitectura tropical bioclimática (Visión de País, Plan de Nación 2010-2038).

### 2.3.2.1 Identidad cultural bananera

El apogeo de la construcción bananera en San Pedro Sula se produjo cuando la ciudad era agrícola, dicha construcción demostró ser funcional, de hecho muchas de las características de ese estilo de arquitectura, brindan el confort que se busca con la arquitectura tropical bioclimática, tal como los corredores, porches, aleros amplios para protección del sol, fuertes pendientes y la construcción sobre pilotes, tanto para aprovechar el viento, como para protección de inundaciones.

Es importante mencionar que sobresalieron en este tipo de arquitectura, tres modelos de casas: a) La primera, apoyada directamente en el suelo, una segunda a mediana altura y la tercera en un segundo nivel sobre pilotes. Esto último como una medida de prevención contra las inundaciones, protegerse de algunas plagas; y las crecidas de los ríos. Este tipo de estructura se aprecia en la imagen siguiente:



**Figura 16. Modelo de casa bananera en media altura sobre pilotes**

Fuente: Stassano, 1997.

### 2.3.2.2 Costumbres y tradiciones

El pueblo sampedrano, como una característica de las latitudes del trópico húmedo, ha sido extrovertido, alegre amigable y sociable.

Esta condición de su comportamiento se ha plasmado en la arquitectura, tanto en edificaciones como en espacios públicos. Para citar un ejemplo, la socialización al frente de las casas con los porches abiertos, representaban para los usuarios de las viviendas, agradables áreas sociales, muy apetecidas por su microclima. El entorno de los porches, estaba acompañado por una agradable sombra y viento, que hacían del lugar una estancia placentera que contribuía en gran manera a la salud integral de los usuarios y sus visitas.

Asimismo era parte de la vida comunitaria, la confraternidad en los espacios públicos, había deleite en compartir esos espacios abiertos, e interés de parte de los planificadores en hacer de ellos, ambientes agradables, echando mano de la arborización adecuada, para crear en estos espacios, los microclimas que tanto se necesitan en el trópico húmedo.

También se propiciaba la transparencia de cercos, como una muestra de eliminación de barreras. Actualmente la tendencia de la mayoría de la población es aislarse, construyendo sólidos muros, que rompen con lo que ha sido todo un estilo de vida.

Es saludable retomar esas costumbres que han sido parte del buen vivir de la ciudad, y de la salud emocional de las personas. Es válido mantener y sacar a flote las costumbres saludables, que son parte de la identidad propia del pueblo sampedrano y que redundaban en un beneficio integral para la población en general.

### 2.3.2.3 Cultura de desarrollo

San Pedro Sula se ha caracterizado por ser una ciudad progresista de pujante desarrollo, muy acertadamente se le ha conocido como la capital industrial, y este

hecho habla muy en alto, de la condición de sus pobladores, que tradicionalmente han sido diligentes, esforzados, tenaces y visionarios, con su norte claramente trazado.

### 2.3.3 FACTORES DE RIESGO

Según el documento ejecutivo de la Estrategia Regional de Cambio Climático elaborado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo CCAD/SICA (noviembre 2010), Centroamérica es una región de alta vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos y lo expresa en los siguientes términos:

De un registro de 248 eventos climáticos e hidro-meteorológicos ocurridos entre 1930 y 2008, se desprende que Honduras es el país con mayor cantidad (54) y Belice el que registra menos (18) eventos extremos en ese período. Los eventos más recurrentes entre los registrados son los hidro-meteorológicos (inundaciones, tormentas tropicales, deslizamientos), cuyos impactos son mayores en la costa del litoral Atlántico de la región (CCAD/SICA 2010)

San Pedro Sula está expuesto a dichos eventos naturales, siendo la infraestructura y de manera especial las edificaciones, afectadas por diferentes factores tales como descuidos de índole humana, tecnológica y sobre todo fallas constructivas.

La reducción del impacto negativo que estos fenómenos producen, debe prevenirse desde la etapa de diseño arquitectónico y a lo largo de las etapas de vida del proyecto.

Es importante hacer notar que el impacto producido en las edificaciones y espacio urbano es traducido en impacto social, entendiendo por impacto social, de acuerdo a la definición proporcionada por el Interorganizational Committee on Principles and Guidelines for Social Impact Assessment, 2003 el concepto siguiente:

Las consecuencias para las poblaciones humanas de cualquier acción pública o privada que altera el modo en que las personas viven, trabajan, juegan, se relacionan entre sí, se organizan para atender a sus necesidades y, de forma general, reaccionan como miembros de la sociedad... (PROVENTION COSORTION, 2007).

La vulnerabilidad ha sido considerada como elemento clave de la pobreza, acompañada de conflictos y violencia que producen inestabilidad política, falta de credibilidad en las autoridades y la ingobernabilidad, he ahí la importancia de tomar en cuenta estos aspectos en la etapa de diseño de los proyectos en conjunto con una evaluación de impacto social realizada por especialistas del ramo que evalúen con anticipación la forma en que las personas y las comunidades interactúan con su entorno sociocultural, económico, ambiental y sus efectos.

#### 2.3.3.1 Ambientales

Para que la arquitectura tropical bioclimática cumpla su cometido, se requiere de la interacción de los diversos actores que influyen en la conservación del ambiente y el cumplimiento de la normativa existente, de esa forma los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), citados en el artículo 5 de la Ley General del Ambiente, juegan un papel fundamental, porque facilitan la toma de decisiones acertadas, en vista de que se cuenta con información previa (Navas, 2011). Ejemplo: El cumplimiento de la Cota 200 msnm. Ver mapa 5 en anexo 7.

Según la Ley General del Ambiente, los proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada, susceptible de contaminar o degradar el ambiente, los recursos naturales o el patrimonio histórico cultural de la nación, serán precedidos obligatoriamente de una evaluación de impacto ambiental (EIA) que permita prevenir los posibles efectos negativos.

Por otro lado es esencial el papel de las dependencias y organizaciones tales como la Unidad de Alerta Temprana de la Municipalidad de San Pedro Sula y la Comisión Permanente de Contingencias COPECO, encargada de la coordinación de los esfuerzos públicos y privados orientados a la prevención, mitigación, preparación, atención, rehabilitación y reconstrucción por emergencias así como, desastres a nivel nacional.

En relación a este asunto, las autoridades locales deben actuar de conformidad a lo establecido en la normativa ambiental, evitando la ejecución todo tipo de proyecto en zonas de riesgo o áreas protegidas (Cota 200) y trabajando arduamente en la generación de una cultura de gestión de riesgo, dada la alta vulnerabilidad que adolece nuestro país.

La Comisión de Control de Inundaciones del Valle de Sula (CCIVS) fue creada según decreto 017 -2010, con el propósito de atender el control de inundaciones, en tanto se aprueba un Plan Maestro de Control de inundaciones del Valle de Sula.

#### 2.3.3.2 Sociales.

La ubicación geográfica de Honduras en general y de San Pedro Sula en particular, influye en el grado de riesgo al que se ven sometidos sus habitantes, tales como los fenómenos naturales que caracterizan a la región, lo que deja grandes pérdidas económicas y daños en la infraestructura que cada vez se torna más frágil.

De acuerdo con el diagnóstico de vulnerabilidad de San Pedro Sula, elaborado por la Unidad de Alerta Temprana de la Municipalidad de San Pedro Sula (2010), existen en San Pedro Sula 88 colonias de las cuales 58 son altamente inundables, 11 medianamente inundables y 19 levemente inundables, más 4 aldeas también afectadas por las inundaciones. Adicionalmente se reportaron 19 zonas afectadas por derrumbes y deslizamientos de los cuales 4 se ubicaban en Chamelecón y 15 en Merendón.

Como puede apreciarse el número de zonas y por ende de familias es importante. Lo anterior deja como resultado problemas sociales como ser, la pérdida o deterioro de su vivienda y bienes, lo que da lugar a un desequilibrio en sus actividades laborales y educativas, que hacen más lento el desarrollo de las comunidades. El hecho de que las comunidades, autoridades públicas y organizaciones de desarrollo entiendan las interacciones entre las edificaciones y las amenazas ambientales es crucial, porque de esa forma pueden evitar o minimizar amenazas futuras.

La guía propone acciones preventivas, que servirán de apoyo a los instrumentos ya

existentes de planificación y desarrollo urbano, incidiendo decididamente en la calidad de vida del pueblo sampedrano con propuestas, que aunque la mayoría sean de sentido común, como lo es favorecer la infiltración de agua lluvia en los predios y áreas diseñadas con ese propósito, para reducir las escorrentías, no están siendo consideradas. Ver mapa 7 en anexo 7.

### 2.3.3.3 Económicos

Los eventos sociales citados en el párrafo anterior producen en la mayoría de los casos absentismo laboral que trae aparejada la reducción en la productividad aún y cuando existe la apremiante necesidad de rehabilitación y construcción de las zonas afectadas.

Este hecho adquiere más relevancia, si se considera que estos fenómenos son recurrentes en la ciudad y las causas son las mismas en la mayoría de los casos: a) Construcciones en las riveras de los ríos, b) Proliferación de desarrollos urbanos que sellan las áreas de absorción de los acuíferos, c) Insistencia por parte de los afectados por las inundaciones en el uso de los mismos sistemas constructivos que ya han demostrado su obsolescencia en el pasado.

La vulnerabilidad a la que está expuesta buena parte de la sociedad sampedrana, requiere de atención preventiva y las correcciones que el caso amerita, que es uno de los objetivos de la guía al buscar por medio de algunas de sus estrategias, la reducción y protección de la población del riesgo de inundaciones, lo cual potencializa la arquitectura tropical bioclimática a la vez que está en consonancia con la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos, que establece que los planes de reconstrucción, deben contemplar obligatoriamente, las medidas de reducción de riesgo... (Ley de SINAGER 2009).

## 2.3.4 FACTORES SOCIOECONÓMICOS

### 2.3.4.1 Alto costo de la energía eléctrica

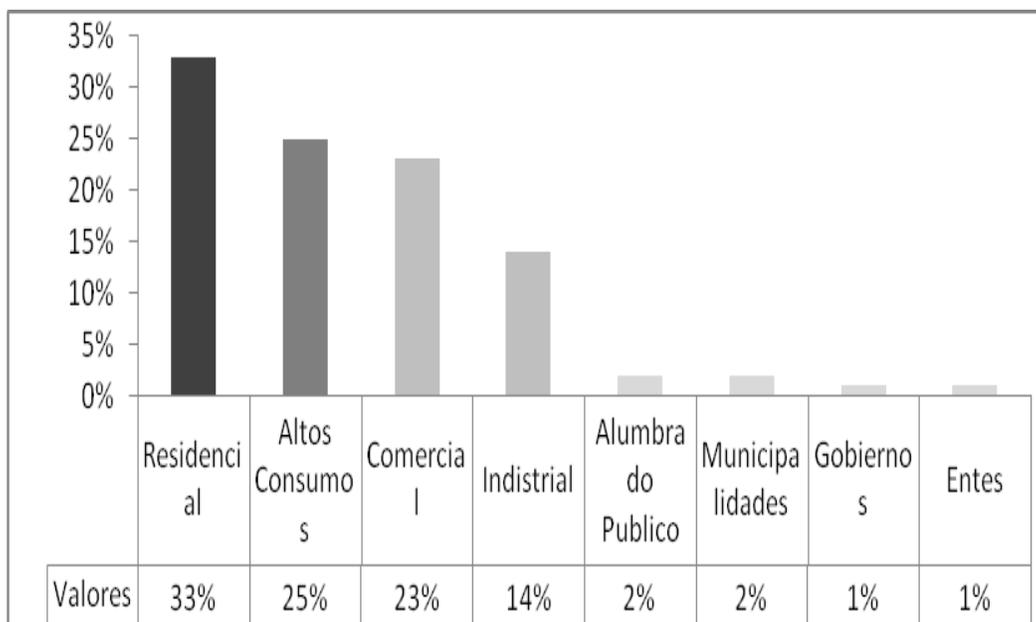
Una de las causas que más fomentan el desperdicio de la energía eléctrica, es la poca consideración constructiva que se toma en cuenta para el diseño de las edificaciones,

por tal razón el diseño y construcción con criterio tropical bioclimático se potencializa, porque busca reducir el costo de la energía eléctrica, el cual se produce en gran parte por la climatización de edificaciones que si cumplieran con los requisitos mínimos de diseño, no la necesitarían o requerirían de artefactos de bajo consumo (ventiladores en lugar de aires acondicionados, extractores) para lograr el confort térmico de los usuarios.

Tal como lo afirma la Dirección de Planificación y Desarrollo de la ENEE, en el informe correspondiente al año de 2011, el ingreso por ventas de energía eléctrica del sector norte es el mayor del país.

Por otro lado el incremento en el costo del mismo es un factor que ha contribuido a la existencia de una política de reducción de energía eléctrica.

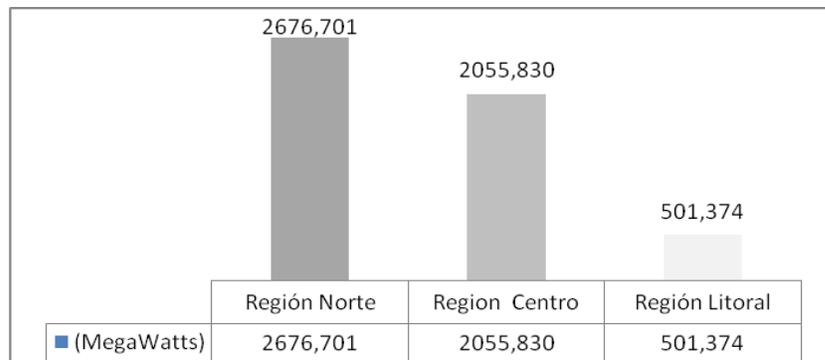
Tal como lo indica la figura 16, existe diferentes tipos de consumo de energía eléctrica: a) Residencial, b) Comercial, c) Industrial, d) Altos consumos, e) Alumbrado Público, f) Gobierno, g) Entes y h) Municipales; siendo el sector residencial el de mayor consumo.



**Figura 17. Tipos de uso de energía eléctrica en la región norte, 2011.**

Fuente: [www.enee.hn](http://www.enee.hn)

En la figura 17 se observa que el mayor porcentaje de consumo de energía eléctrica, en el sector norte es el del sector residencial, registrando un consumo de un 33%



**Figura 18. Energía interna vendida por región, 2011**

Fuente: [www.enee.hn](http://www.enee.hn)

El mayor consumo de energía eléctrica del país, se da en la región norte, con un porcentaje de 51% del total del consumo nacional, seguido por la región centro con un 39% y la región litoral con el 10%.

#### 2.3.4.2 Alta densidad poblacional

Entre los factores determinantes que agravan la situación social y económica de San Pedro Sula, está el crecimiento desordenado y sin planificación de la población y la forma en que usa el territorio y sus recursos naturales. El movimiento migratorio por el auge de la maquila y otras fuentes de trabajo hace que la tasa de migración campo ciudad se mantenga en constante crecimiento.

Lo anterior implica mayor demanda de servicios públicos básicos: a) Servicios de agua potable por tubería, b) Red de comunicación terrestre, c) Redes de telefonía y telecomunicaciones, d) Escuelas primarias, e) Centros de salud, f) Redes de alcantarillado, g) Instalaciones para alumbrado eléctrico, sin embargo la capacidad de éstos últimos sigue siendo la misma y no crece al mismo ritmo que la población.

Según el documento denominado Plan de Nación Visión País 2010 -2038 (2009):

“La transición demográfica tiene relevancia particular porque contribuye a delinear la arquitectura de la nación a largo plazo”.

Por tal razón deben adoptarse tecnologías de diseño y construcción que sean respetuosas del ambiente.

#### 2.3.4.3 Nivel de educación

A la par de la gravedad de la situación educativa y administrativa que se vive en la actualidad a nivel nacional, es alarmante como en San Pedro Sula se están cerrando los centros educativos nocturnos a causa de la inseguridad ciudadana, lo cual va en detrimento del desarrollo, según el breviario estadístico 2001-2004, la tasa de analfabetismo en la población del municipio de San Pedro Sula es del 8.3%.

#### 2.3.5 FACTORES LEGALES

Para la correcta implementación de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático de San Pedro Sula, por parte de las autoridades locales, sectores y personas interesados, se debe cumplir con todos los requisitos especificados para tal propósito en el marco legal correspondiente.

Para asegurar la implementación de la Guía de Diseño tropical Bioclimático de San Pedro Sula, tanto de parte de las firmas constructoras que se dedican al diseño y construcción como de los propietarios de obras, se sugiere que la figura legal bajo cual se ampare dicha guía, sea al igual que la Guía Ambiental de Construcción (Municipalidad de San Pedro Sula, 2003) por medio de los instrumentos jurídicos municipales mencionados en el artículo 65: **Una Ordenanza de la Honorable Corporación Municipal y a través del Plan de Arbitrios.**

Lo anterior en base a la autonomía municipal referida en el título III de los municipios, artículo 13 de la **Ley de Municipalidades**, la cual según el literal “s” de las atribuciones... textualmente reza:

“Coordinación e implantación de medidas y acciones higiénicas que tiendan a asegurar y preservar la salud y bienestar general de la población, en lo que al efecto señala el código de salud”...

En el capítulo III. De la Corporación Municipal y su Funcionamiento. El artículo 25 de la misma ley, que le confiere, como máxima autoridad dentro del término municipal entre otras, en el literal “g”, la facultad de: aprobar del plan de arbitrios de acuerdo con la ley Por otro lado, el artículo 47 de la misma Ley de Municipalidades reza: “el alcalde someterá a consideración y aprobación de la corporación municipal: b) plan de arbitrios c) ordenanzas municipales”.

Por otro lado, el primer considerando del Congreso Nacional, para la creación del Decreto No. 181-2009, **La Ley General de Aguas** literalmente reza:

“Considerando: que el agua es el elemento más importante para la existencia y el desarrollo de las actividades humanas, cuyo acceso está vinculado al desarrollo y bienestar de las personas”.

Es importante hacer notar que en San Pedro Sula el agua proviene de dos fuentes, mismas que se ven afectadas por el tipo de diseño y construcción de sus entornos: a) Las aguas subterráneas y b) las aguas superficiales, cuyas definiciones se encuentran en capítulo III, artículo 6 de la misma ley:

- “ AGUAS SUBTERRÁNEAS: las aguas que se infiltran y penetran en el suelo y subsuelo, saturando los poros o grietas de las rocas y que eventualmente se acumulan encima de capas impermeables formando un reservorio subterráneo;
- ACUÍFERO: es el reservorio de aguas subterráneas del cual se pueden extraer cantidades significativas del recurso;
- AGUAS SUPERFICIALES: los cuerpos de agua naturales y artificiales que incluyen los cauces de corrientes naturales, continuas y discontinuas, así como los lechos de los lagos, lagunas y embalses;”

Existe un amplio compendio de leyes ambientales de aplicación nacional en Honduras, cuyo articulado incentiva en forma reiterada la creación de iniciativas dirigidas al cuidado del medio ambiente, manejo adecuado de los recursos naturales, preservación del patrimonio y elevación de la calidad de vida de los pobladores, todos los cuales figuran entre los objetivos de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático. Ejemplos:

1. Los literales “e” y “g”, del artículo 9, en su calidad de objetivos **de La Ley General del Ambiente** que literalmente rezan:

“e) promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección, conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales”

“g) Elevar la calidad de vida de los pobladores, propiciando el mejoramiento del entorno en los asentamientos humanos.”

2. El artículo 10 **del Reglamento a la Ley General del Ambiente**,

“reconoce el deber de los ciudadanos de participar en actividades de protección, conservación y restauración del ambiente y de los recursos naturales que ejecuten el Estado y sus entidades”...

3. El artículo 13, en el literal “i” menciona entre las **funciones de la SERNA:**

“promover o ejecutar programas de concientización dirigidos a los diferentes sectores de la sociedad, con el propósito de que se integren voluntariamente en las actividades de protección y conservación del ambiente y de los recursos naturales...”

4. En la sección primera de la Dirección General de Políticas y Planificación Ambiental, el artículo 39 cita entre las funciones de esta dirección citas las de:

“b) elaborar las políticas, objetivos, metas, estrategias y prioridades en materia ambiental;”

“k) promover la investigación tecnológica y la aplicación de tecnologías ambientalmente apropiadas”.

5. El tercer considerando del decreto 158 – 94 de la **Ley Marco del sub sector eléctrico** reza:

“Que es indispensable promover el uso eficiente de la energía eléctrica por parte de los usuarios y garantizar el uso racional de los recursos de energía con que cuenta el país”.

6. El artículo 3 de la misma ley menciona entre sus objetivos específicos:

- “a) establecer las condiciones para suplir la demanda eléctrica del país al mínimo costo económico. b) promover la operación económica, segura y confiable del sistema eléctrico y el uso eficiente de la electricidad por parte de los usuarios. c) racionalizar la utilización de los recursos de energía eléctrica del país”.

Para que la guía cumpla con el objetivo para el cual fue creada, se recomienda que siguiendo los procedimientos pertinentes, la misma sea revisada y complementada y socializada por especialistas locales en el tema y posteriormente socializada e implementada por las autoridades correspondientes entre las que están a la cabeza la Municipalidad de San Pedro Sula (Planificación, Urbanismo, Ambiente), la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) y la empresa concesionaria Aguas de San Pedro, que son las que manejan los servicios públicos y recursos involucrados en el tema: Aplicación de normativas de diseño construcción y ambiente; administración de la energía eléctrica y recarga de acuíferos respectivamente.

Otras normativas aplicables al tema de diseño y construcción de edificaciones en San Pedro Sula son **la Ordenanza 2004** que en la actualidad está en proceso de actualización, en vista de que caducó en el 2009 y **la Guía ambiental de construcción.**

## 2.4 IMPACTO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA

### 2.4.1 IMPACTO URBANÍSTICO

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas para la construcción (SERNA, 2002) La fuente principal de los problemas ambientales que se identifican se debe a que el terreno no es compatible con el diseño del proyecto.

Mediante la aplicación de la guía, se incorporarán criterios de urbanismo bioclimático en el desarrollo urbanístico de San Pedro Sula. En este punto es esencial reducir el fenómeno de las islas de calor y sus consecuencias negativas, mediante el aumento de vegetación, zonas de agua, árboles en edificios individuales, techos y paredes verdes, techos y fachadas con colores claros.

Otros criterios importantes para lograr un impacto urbano positivo son: a) la elección de una ubicación apropiada. b) una correcta adaptación al entorno próximo y de los volúmenes edificados. Este puede ser un elemento determinante desde el punto de vista de impacto ambiental, cuando se hace necesario eliminar árboles o parte de su dosel, debe generarse el menor impacto ambiental posible. c) Tomar en cuenta las condiciones climatológicas de San Pedro Sula, y las variaciones de la temperatura, la humedad del aire, el viento y sobretodo el sol.

El objetivo es conseguir un alto confort térmico y eficiencia energética en las edificaciones y que este tipo de urbanismo se establezca en las iniciativas públicas como privadas mediante la implementación de una ordenanza municipal y normativa atinente al tema urbanístico.

#### 2.4.2 IMPACTO EN EDIFICACIONES

Las decisiones derivadas de una adecuada propuesta de diseño para una edificación, tomando en cuenta entre otras, las características del terreno, forma, color y materiales de su envolvente, orientación, entorno inmediato, forma y disposición de aberturas, a manera de aprovechar proteger y controlar los elementos climáticos, se manifiesta de varias formas a beneficio de los usuarios, entre ellas el ahorro de energía eléctrica.

##### 2.4.2.1 Ahorro de energía eléctrica

El beneficio de aplicar criterios tropicales bioclimáticos en las edificaciones redundando en crear microclimas a lo interno de las edificaciones, contribuyendo con ello, a un confort

integral logrado, con el uso de sistemas pasivos de enfriamiento, que se traduce en ahorro de energía eléctrica. A este respecto el impacto de fomentar una cultura de diseño tropical bioclimático tiene un peso considerable.

Según Méndez (2010) en su investigación sobre Criterios de diseño bioclimático para la vivienda urbana en clima tropical húmedo de San Pedro Sula, estableció, que el consumo de la vivienda estándar, triplica el consumo de energía eléctrica de una vivienda bioclimática. Esto coincide con los resultados obtenidos por Silvia Martín Ocaña, de la Universidad Politécnica de Madrid, al comparar los consumos energéticos de una edificación con diseño convencional y otra diseñada con criterio bioclimático.

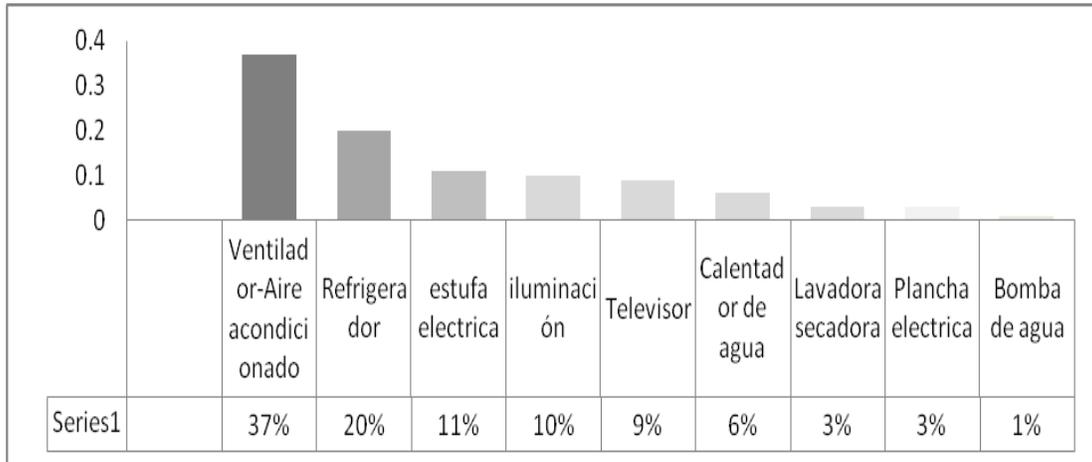
En la tabla 5 a continuación, se presenta una comparación de los consumos de energía entre una edificación con criterio bioclimático y una con diseño convencional con los mismos conceptos. El consumo de cada uno de ellos y es la ganancia solar donde mayor diferencia a favor del diseño bioclimático existe.

**Tabla 5. Comparación de consumos energéticos de dos edificaciones.**

CONCEPTO	DISEÑO CONVENCIONAL	DISEÑO BIOCLIMÁTICO
	Kwh/M2	Kwh/M2
Agua Caliente	20	20
Ganancia solar	-24	-57
Ganancias interiores	28	28
Emisión de gases	13	10
Techumbre	32	10
Muros	51	20
Ventanas	30	37
Ventilación	47	31
Suelos	28	13
Total	169	56

Fuente: Silvia Martín Ocaña, Universidad Politécnica de Madrid.

La diferencia se debe a la creación de espacios que requieren del uso de sistemas de climatización artificiales como ventiladores y aires acondicionados, que como puede observarse en la figura No. 19, son los que más energía eléctrica consumen en San Pedro Sula.



**Figura 19. Distribución de energía eléctrica por hogar en San Pedro Sula**

Fuente: Generación Autónoma y Uso Racional de Energía Eléctrica GAUREE, 2005

El confort térmico puede alcanzarse sin el uso excesivo de aires acondicionados. En casos especiales debe usarse el menor número de unidades posible con alta eficiencia, operación y mantenimiento adecuados.

Tomar las medidas pertinentes para reducir el consumo de Aires acondicionados y ventiladores representa entonces un gran potencial de ahorro en San Pedro Sula, en donde según la Trigésima Novena Encuesta Permanente de Hogares, realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas INE en 2010, en San Pedro Sula existen 143,918 hogares, de los cuales la gran mayoría hace uso del servicio de energía eléctrica.

#### 2.4.2.2 Reducción de enfermedades bronco respiratorias

La climatización por medios pasivos de enfriamiento, la no dependencia de aparatos de aire acondicionado, evita el trauma que recibe el cuerpo al ser sometido a cambios

bruscos de temperatura, al pasar de interiores expuestos a bajas temperaturas a exteriores sometidos a altas temperaturas.

La exposición permanente al aire acondicionado provoca resequedad en el ambiente. La inhalación de aire frío sumada a la resequedad del aire, disminuye la capacidad defensiva del cuerpo, haciéndolo más vulnerable a infecciones tanto bacterianas como virales y alérgicas.

Localmente no existen estudios y estadísticas a este respecto, pero investigaciones realizadas por países desarrollados como España, por la Sociedad Madrileña de Neumología y Cirugía Torácica en el 2009, en su boletín mensual de fecha 11 de agosto de 2009, advierte sobre el riesgo de enfermedades bronco-respiratorias, tales como resfriados, laringitis, faringitis, alergias, se deben al abuso de los aires acondicionados. Las investigaciones confirman que 20% de la población que presenta enfermedades bronco-respiratorias, es debido al uso de los referidos aparatos. El impacto positivo de las buenas prácticas de la arquitectura tropical bioclimática es aún mayor si se considera desde el punto de vista económico, los gastos en que se incurre para atender los gastos médicos correspondientes.

#### 2.4.2.3 El confort térmico personal

Según Erga Noticias (2007), el confort térmico se define como un estado de completo bienestar físico, mental, emocional y social de las personas y que es favorable a la actividad que realizan.

Dicho confort térmico depende de varios parámetros externos, como la temperatura, la humedad relativa del aire y otros aspectos internos, tales como la actividad física que se realiza, tipo y cantidad de ropa. El confort se logra cuando se alcanza el equilibrio entre la temperatura normal de la persona y la del medio ambiente.

Las cartas bioclimáticas representan los parámetros de confort externos que interactúan entre sí para lograr dicho confort humano, entre ellos tenemos: a) Temperatura del aire

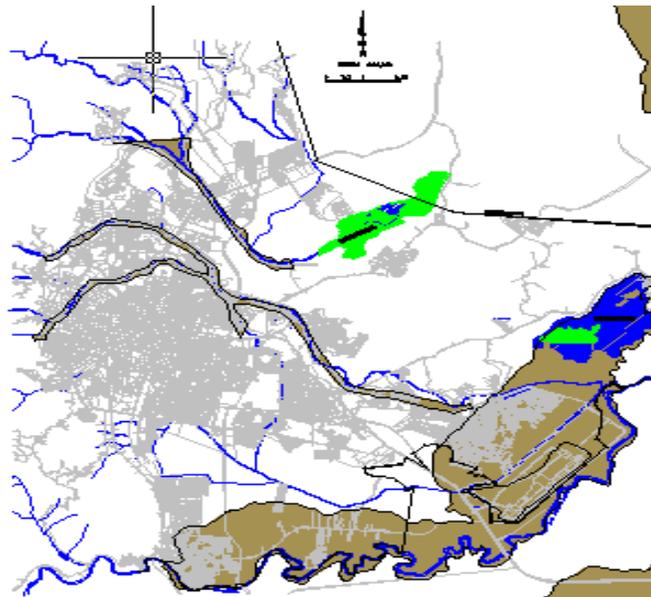
ambiente: entre 17° y 27 °C; b) Humedad relativa: entre el 30 y el 70% y c) velocidad del viento entre 0.2 y 05 m/s (dependiendo de la actividad que se realiza)

Mediante las estrategias de diseño bioclimático, entre ellas las más importantes: crear sombra, ventilación cruzada y buena orientación y proteger de inundaciones, la arquitectura tropical bioclimática se propone alcanzar, en la medida de lo posible, dicho confort térmico, sin necesidad de utilizar aires acondicionados, para reducir los costos.

#### 2.4.2.4 Reducción de riesgo de inundaciones.

Uno de los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática, es la reducción de riesgo de inundaciones al diseñar y construir de acuerdo al comportamiento de las aguas superficiales de los ríos Chamelecón y Ulúa y la precipitación pluvial.

Para prevenir los daños recurrentes que traen consigo las inundaciones, se recomienda la construcción sobre pilotes o polines, en sectores determinados por el mapeo de zonas inundables de la ciudad, además de los pavimentos permeables, que reducen las escorrentías y recargan los acuíferos.



**Figura 20. Mapa de zonas de vulnerabilidad de San Pedro Sula**

Fuente: Dirección de Investigación y Estadística San Pedro Sula

En el mapa se observan las zonas de vulnerabilidad de la ciudad de San Pedro Sula, debido a inundaciones de los ríos y la poca presencia de pavimentos permeables en la ciudad. En la zona más baja de la ciudad, entre otros el sector del aeropuerto y colonias aledañas. Anexo1: Listado de colonias inundables de San Pedro Sula.

#### 2.4.3 IMPACTO EN EL DETALLE CONSTRUCTIVO

Los detalles constructivos, son los elementos que se incorporan a las edificaciones con el propósito de alcanzar las tres principales estrategias de la arquitectura tropical bioclimática y consisten en: a) reducir el riesgo de inundaciones, b) crear suficiente sombra y c) lograr la ventilación cruzada e iluminación natural. Los beneficios derivados del cuidadoso estudio de estos elementos constructivos son diversos y van desde los aspectos económicos como de salud física y emocional.

Un estudio realizado sobre pacientes convalecientes, en donde se descubrió que un porcentaje significativo de personas que se recuperaban en habitaciones que posibilitaban la vista a jardines, reducía su tiempo de estadía en el hospital. Falcon (2007).

A este respecto, se puede afirmar que la incorporación de un elemento constructivo, la mayoría de los cuales se sitúan en el exterior de las edificaciones, para reducir las ganancias de calor, puede hacer una gran diferencia, al considerar sus beneficios.

Puesto que los elementos constructivos se incorporan a las edificaciones, es importante mencionar los tres componentes de las mismas que menciona en su obra El Arquitecto Descalzo, Lengen (2008): a) techo, b) paredes, c) pisos. Por su importancia y las condiciones de vulnerabilidad a inundaciones a que está sometido San Pedro Sula, se considera importante agregar un cuarto componente: Los anclajes (cimentaciones).

Los componentes anteriores y los elementos constructivos incorporados en ellos, interactúan con los principales elementos climáticos: a) viento, con la ventilación; b) sol, con sus derivados luz y calor; c) lluvia con el agua y d) La vegetación con la sombra, oxigenación, aislamiento térmico y acústico.

En el trópico húmedo se requieren techos con fuertes pendientes, para facilitar el rápido descenso del agua, aleros de cubierta amplios, para la protección del sol y la lluvia.

El techo verde es también una alternativa para evitar el calentamiento de los espacios interiores de las edificaciones. Adicionalmente, el techo también representa un potencial para salida y entrada de aire en la edificación.

Los firmes de concreto que quedan en contacto con el terreno natural, deben contar con su respectivo sello de vapor. Dependiendo de las condiciones dadas, el drenaje francés y las cunetas se encuentran entre otras soluciones.

También es importante la forma en que se tratan las juntas de los diferentes tipos de materiales, debido a sus diferentes resistencias y grado de elasticidad. La forma de la pared juega un papel importante en el diseño tropical bioclimático de edificaciones. Una forma irregular y un buen emplazamiento de la edificación con salientes, puede provocar un mejor aprovechamiento del viento, al igual que producir sombra para controlar el efecto adverso del sol.

Los quebrasoles perpendiculares, horizontales u oblicuos a la edificación, según sea su necesidad de aprovechar, controlar y equilibrar ambas cosas el viento y el sol. También existen recursos adicionales como ser pantallas separadas de la edificación, que permiten el flujo del aire, son estructuras livianas que sirven de soporte a enredaderas.

De acuerdo con Givoni (1998) la disposición de las aberturas en las paredes respecto a la dirección del viento debe tener una inclinación entre  $45^\circ$  y  $105^\circ$  para que la ventilación cruzada funcione de manera óptima, direccionando el viento, (de preferencia una ventana enfrente de la otra) para propiciar una mayor presión y mejorar la sensación de confort.

La clásica celosía de fabricación nacional en términos generales funciona bien para la captación del viento, asimismo la presencia de puertas metálicas en las edificaciones contribuye a satisfacer esta misma necesidad.

En lugares inundables se visualizan tres posibilidades de solución dependiendo de cada caso: a) Construir con una pequeña diferencia de elevación sobre el terreno natural, con una mediana altura sobre pilotes, o con una altura de nivel de piso a techo habitable, todo sobre pilotes. (Stassano, 1997).

## 2.5 ALTERNATIVAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN RELACIONADAS CON LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA

### 2.5.1 ARQUITECTURA TRADICIONAL

Estamos de acuerdo con Zeví B. (1976) en que es preferible que un arquitecto se equivoque en un detallado de ornamentación, en dimensiones, o en una fachada, que en aquellas reglas fundamentales de la naturaleza que atienden a la comodidad, al uso y buen manejo de los habitantes.

La arquitectura tradicional de San Pedro Sula demuestra que los diseñadores y constructores del pasado actuaron en coherencia con el pensamiento anterior, al considerar de forma lógica las condiciones climáticas, topográficas e hidrológicas abordadas en el presente documento.

Se observa en la ciudad algunos detalles como por ejemplo: la ventilación de techos, el uso de vegetación exuberante rodeando las edificaciones, pilotes para elevar el nivel de piso terminado, cortinas de lona enrollables en el exterior y boquetes al exterior aprovechando toda su altura para ventilación cruzada, de celosías y malla metálica en puertas, porches y ventanas.

### 2.5.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La construcción sostenible consiste en la implementación de mejores prácticas de construcción, durante todo el ciclo de vida del proyecto, es decir que incluye diseño, construcción y la operación del mismo, con miras a producir el menor impacto con su entorno, minimizando las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, haciendo un uso racional de los recursos, y evitando en forma decisiva y consciente la pérdida de la biodiversidad.

Tal como lo señala el Concejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en su boletín mensual del 2011, la construcción sostenible cuida primordialmente de su integración con el medio ambiente, reduciendo su impacto con el mismo.

Los elementos clave en que se fundamenta la construcción sostenible son: a) Gestión del ciclo de vida de las edificaciones, materiales y sus componentes, b) Calidad de relación entre la edificación y su entorno y desarrollo urbano, c) Uso racional de energía, d) Conservación, ahorro y reutilización del agua; e) Reciclaje de materiales en la construcción, operación, al igual que la prevención de residuos y emisiones, f) Selección de materiales e insumos derivados de una extracción limpia, g) Mayor eficiencia en los procesos constructivos h) Creación de un ambiente saludable y no tóxico en las edificaciones, i) Cambio en los hábitos de las personas y comunidades en relación al uso de las edificaciones y espacios urbanos.

**La arquitectura bioclimática es entonces una parte de la construcción sostenible, es decir un buen comienzo, al que San Pedro Sula debe apostarle, en vista de que no se requiere de los altos costos iniciales que exigen la mayoría de las tecnologías utilizadas en la arquitectura sostenible.** Ver comparación de los tres enfoques de diseño: Convencional, Bioclimático y Sostenible en anexo 9.

### 2.5.3. CERTIFICACIÓN LEED

El acrónimo LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de los edificios sostenibles citados en el apartado anterior, la norma LEED es de aplicación voluntaria e internacional y fue desarrollada por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council).

LEED está conformado por un conjunto de normas que tratan sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificaciones de todo tipo. Se fundamenta en la incorporación de factores relacionados con lograr la eficiencia energética en los proyectos.

Existen cuatro niveles de certificación LEED: a) Certificado, b) Plata, c) Oro y d) Platino, los mismos corresponden con el número de créditos acumulados en las categorías de diseño y construcción verde mencionadas en el punto 2.5.2 anterior.

Los métodos de calificación más utilizados para comprobar si el diseño y la construcción de un edificio son sostenibles son: a) BREEAM del Reino Unido, b) GBTool, c) CASBEE de Japón, d) GREEN GLOBES, de la GBI, y e) LEED de USA, aparentemente el más seguido. LEED ya se encuentra entre las alternativas de certificación de edificaciones sostenibles en San Pedro Sula. Ver mapa en Anexo 8.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA APLICADA

### 3.1 ENFOQUE Y MÉTODO

La información correspondiente a la presente investigación fue recolectada con técnicas de enfoque mixto, con preponderancia hacia **el enfoque cualitativo**, cuyo alcance es de **tipo descriptivo explicativo**, como lo indican los dos abordajes adoptados en el proceso de captar, analizar y relacionar la información del mismo.

Dada la naturaleza de la investigación, se le confirió un mayor peso a los aspectos cualitativos, debido a que el tema está muy relacionado con aspectos sociales, culturales y económicos, que se analizaron principalmente, partiendo de la observación de fenómenos, como ser las condiciones físicas existentes en San Pedro Sula, topográficas, hidrológicas, al igual que el estudio de las variables climáticas del lugar, como ser el viento, la lluvia, el sol, de donde surgieron las estrategias de diseño en el estudio.

Con base en lo anterior, se analizó la situación del diseño y construcción de edificaciones y espacio urbano en San Pedro Sula y se propuso el Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático, como parte de la guía que actualmente se encuentra en desarrollo por iniciativa privada, misma que al ser implementada responderá de forma congruente a las variables que condicionan el diseño y construcción tanto en espacios interiores como exteriores de San Pedro Sula.

### 3.2.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo la siguiente secuencia:

1. Definición del problema, que incluye el enunciado, planteamiento y preguntas de investigación.
2. Definición de objetivos de Investigación
3. Delimitación y alcance de la investigación
4. Documentación de Antecedentes
5. Estructuración del Marco teórico

6. Revisión de fuentes bibliográficas
7. Trabajos de investigación sobre la arquitectura y urbanismo bioclimáticos realizados bajo la dirección de la Arquitecta Ángela María Stassano, respaldan nuestra investigación.
8. Asesoría directa y constante de asesores en las áreas metodológica y temática
9. Aplicación de los cuestionarios, entrevistas a expertos.
10. Observación e inmersión en el campo.
11. Análisis de la información y resultados.

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Se realizó la aplicación de un cuestionario a una muestra con representatividad de directivos, funcionarios y equipo técnico de 15 dependencias (3 personas de cada una), para un subtotal de 45 personas de las instituciones públicas y privadas relacionadas con proyectos de diseño y construcción. Ver anexo 2.

El propósito de aplicar el cuestionario fue conocer el interés y aceptación de los entrevistados hacia la arquitectura bioclimática y la necesidad de crear una guía de diseño, que sirva de herramienta para remodelación o reciclaje de edificaciones y espacios urbanos en la ciudad de San Pedro Sula. Adicionalmente se realizó un cuestionario a 27 posibles interesados en construir, remodelar o reciclar la edificación de su vivienda o negocio. Ver anexo 4. La muestra fue tomada a personas que estaban tramitando permiso de construcción en las oficinas de la alcaldía municipal.

### 3.4. FUENTES DE INFORMACIÓN

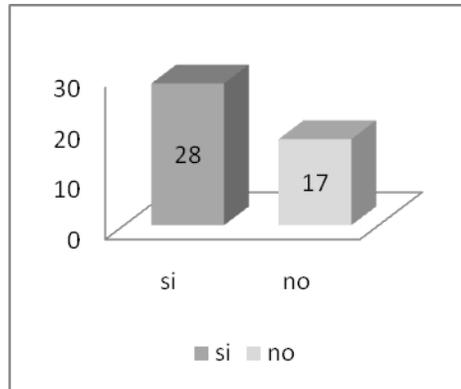
Se utilizaron fuentes primarias tales como entrevistas a personas involucradas en la toma de decisiones de procesos constructivos, se utilizó también la investigación en libros tanto en formato físico como digital.

Las fuentes secundarias consistieron en documentación estadística, mapas e informes provistos por las diferentes instituciones gubernamentales arriba indicadas.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

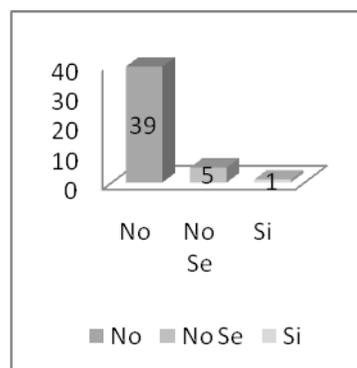
### 4.1. CUESTIONARIO APLICADO A DIRECTIVOS, FUNCIONARIOS Y EQUIPO TÉCNICO DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS.

Los resultados del cuestionario aplicado a los directivos , funcionarios y equipo técnico de instituciones públicas y privadas son los siguientes:



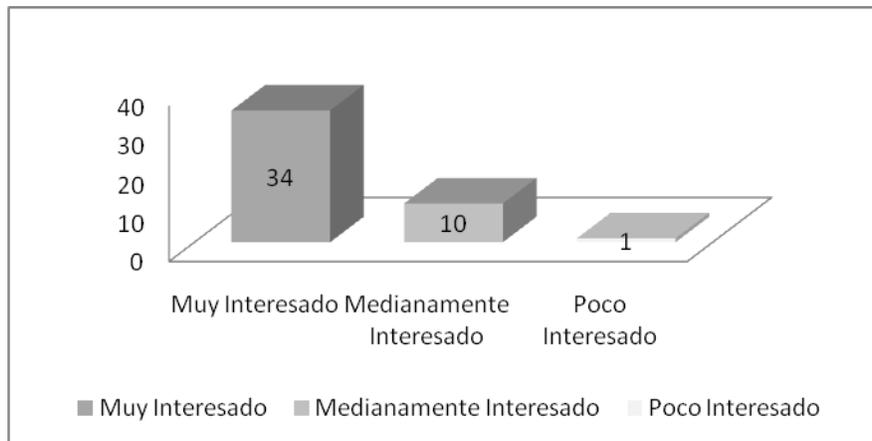
**Figura 21. Grado de conocimiento sobre experiencias de Diseño Tropical Bioclimático (DTB) en San Pedro Sula (institucional)**

Se observa que 62% de los interrogados, conocen al menos un ejemplo con diseño tropical bioclimático, conocido con el nombre Techos Verdes. Localizado en la colonia El Barrial de San Pedro Sula. El resto conoce poco el tema. Se concluye que hay pocas experiencias de arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula



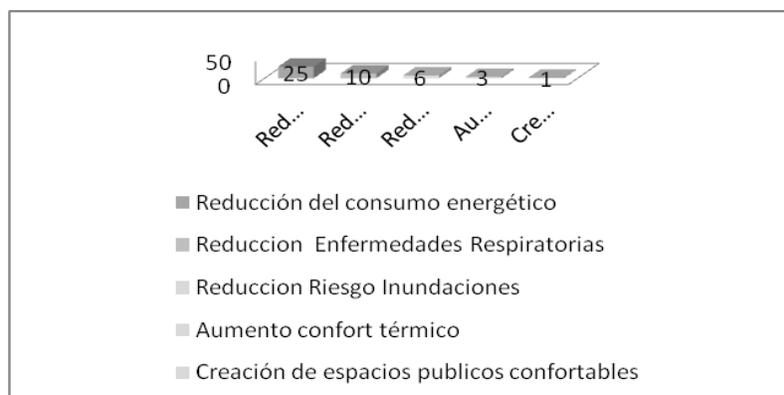
**Figura 22. Conocimiento sobre la existencia de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático (GDTB) en San Pedro Sula (institucional)**

El 86% de los interrogados contestó que no existe una guía, seguida de un pequeño porcentaje que respondió, no saber. La tendencia es que no existe una guía de Diseño tropical bioclimático para San Pedro Sula. Se concluye que al no existir la guía de diseño tropical bioclimático en San Pedro Sula, está presente la oportunidad para su creación.



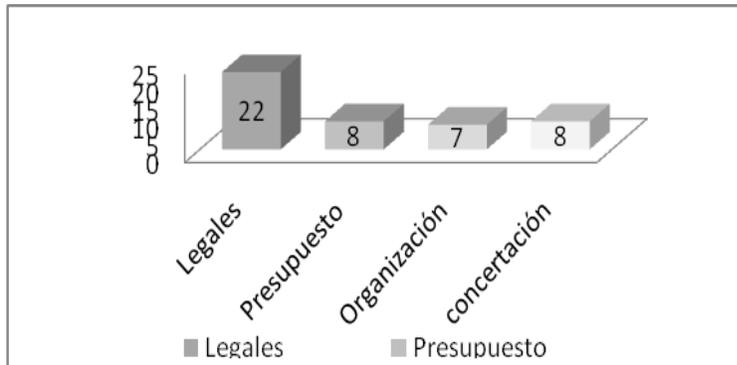
**Figura 23. Grado de interés en la creación e implementación de una GDTB para San Pedro Sula (institucional)**

El 75% de los interrogados expresó interés en la creación de la guía, el resto expresó estar medianamente interesado. La tendencia es que existe mucho interés en la misma. Se concluye que la creación de la guía es una necesidad, sentida y apoyada por tomadores de decisiones.



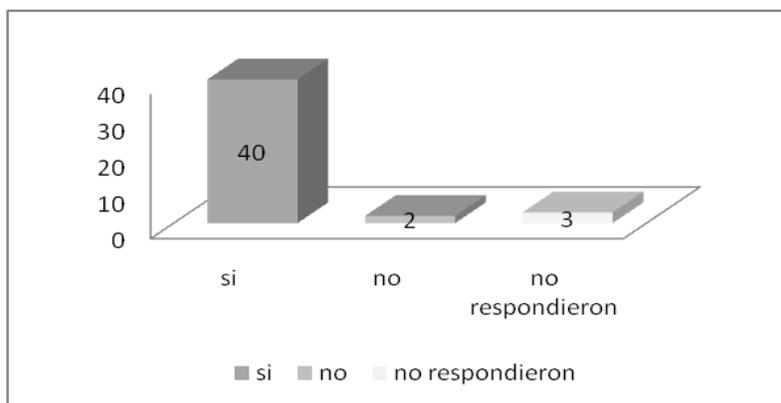
**Figura 24. Grado de interés en los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática (institucional)**

El 55% de los interrogados, consideraron como beneficio más importante, el ahorro de energía eléctrica, seguido del 22% con la reducción de las enfermedades respiratorias. La tendencia es que la reducción de la factura de energía eléctrica es lo más importante. Se concluye: que el bajo consumo de energía eléctrica es el beneficio de mayor atractivo de la arquitectura tropical bioclimática.



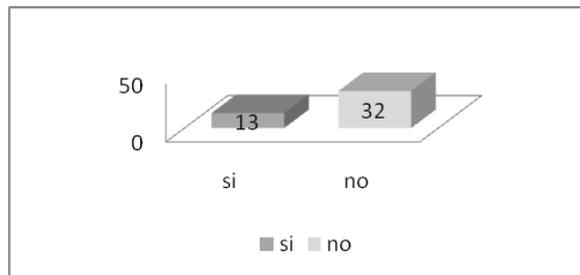
**Figura 25. Aspectos clave a considerar por las instituciones para la implementación de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula**

El 48% de las personas, consideró como aspecto clave para implementar la guía en su Institución, los aspectos legales, seguidos por el presupuesto y la organización con un 32%. Se concluye que el marco legal es a juicio de las personas que toman decisiones, un aspecto importante para la creación e implementación de la guía.



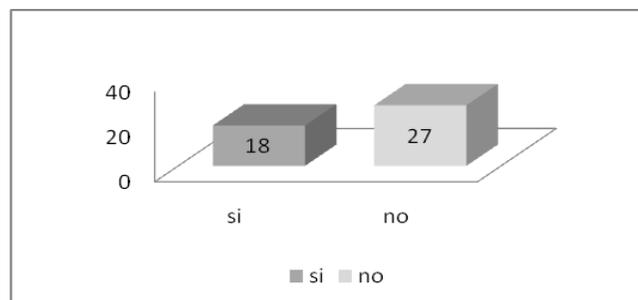
**Figura 26. Disponibilidad de personal en las instituciones para la revisión y validación de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático.**

El 86% de los interrogados, expresó contar con personal de su institución, disponible para la revisión y validación de la guía. La tendencia es que se puede contar con personal de las instituciones donde se aplicó el cuestionario, para la revisión y validación de la guía. Se concluye que hay buena disposición institucional de colaborar con la revisión y validación de la guía.



**Figura 27. Aprovechamiento del viento para reducir el consumo de energía eléctrica (institucional)**

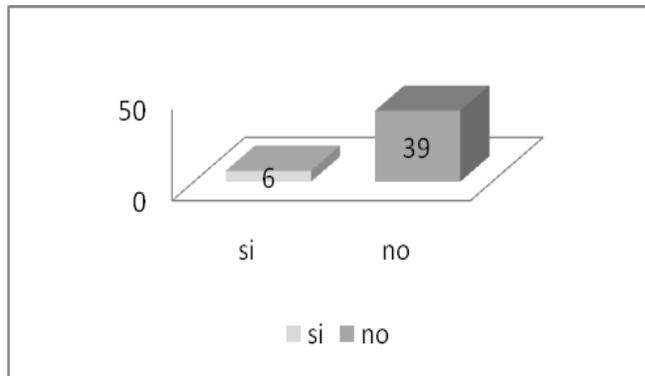
El 71% de los interrogados, expresó no estar aprovechando el viento para reducir el consumo de energía eléctrica. La tendencia es que no se está aprovechando el viento en toda su magnitud. Se concluye que el viento, es un recurso que en las edificaciones no está siendo aprovechado.



**Figura 28. Aprovechamiento del sol para reducir el consumo de energía eléctrica (institucional)**

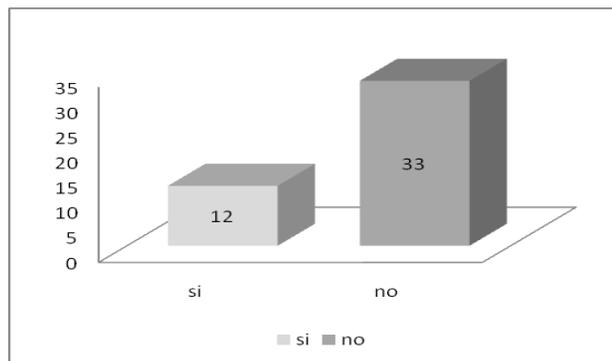
El 60% de los interrogados, expresó no estar aprovechando el sol para usos domésticos tales como calentar el agua o producir energía eléctrica, seguido por los que sí lo están aprovechando. La tendencia es que no se está aprovechando el sol

en toda su magnitud. Se concluye que el sol es un recurso que en las edificaciones está siendo subutilizado.



**Figura 29. Aprovechamiento de la lluvia para reducir el consumo de energía eléctrica**

El 86% de los interrogados expresó no estar aprovechando la lluvia para reducir el consumo de energía eléctrica, seguido por los que sí lo están aprovechando. La tendencia es que no se está aprovechando la lluvia en toda su magnitud. Se concluye que la lluvia es un recurso que en las edificaciones está siendo subutilizado.

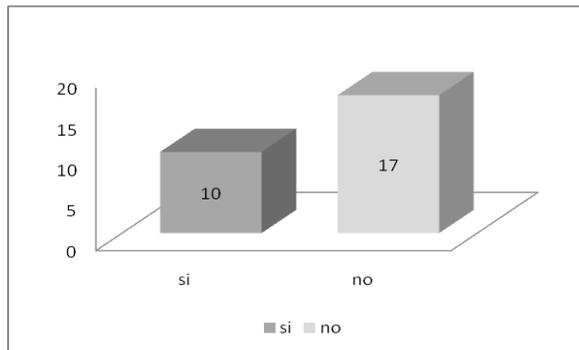


**Figura 30. Aprovechamiento de la vegetación para reducir el consumo de energía eléctrica (institucional)**

El 73% de las personas a las que se les aplicó el cuestionario, expresaron no estar aprovechando la lluvia para reducir el consumo de energía eléctrica, seguido por los que no lo están aprovechando. La tendencia es que se no está aprovechando la vegetación para reducir el consumo de energía eléctrica.

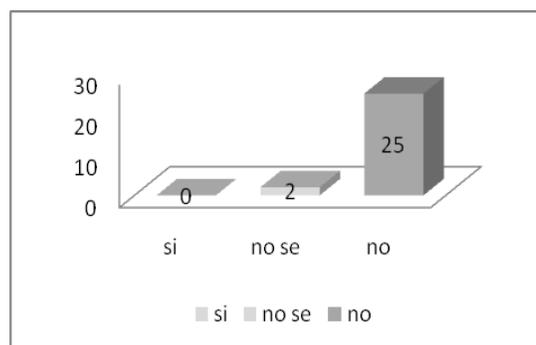
## 4.2 CUESTIONARIO APLICADO A CLIENTES POTENCIALES DE UNA VIVIENDA TROPICAL BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA

Los resultados del cuestionario aplicado a los clientes potenciales de una vivienda tropical bioclimática y por tanto, posibles usuarios de la guía fue el siguiente:



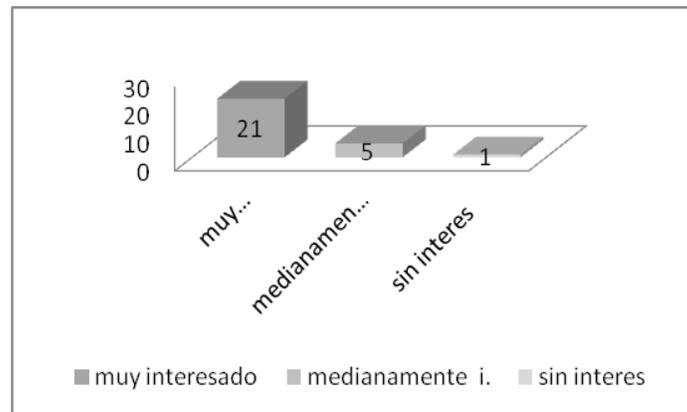
**Figura 31. Grado de conocimiento sobre experiencias de Diseño Tropical Bioclimático en San Pedro Sula (cliente potencial)**

Se observa que el 63% de las personas a quienes se les aplicó el cuestionario, expresó conocer edificaciones con diseño tropical bioclimático, seguidas por una menor cantidad que manifestó no conocer. Sin embargo, las respuestas restantes, denotan un conocimiento vago del tema. Se concluye que hay pocas experiencias de arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula.



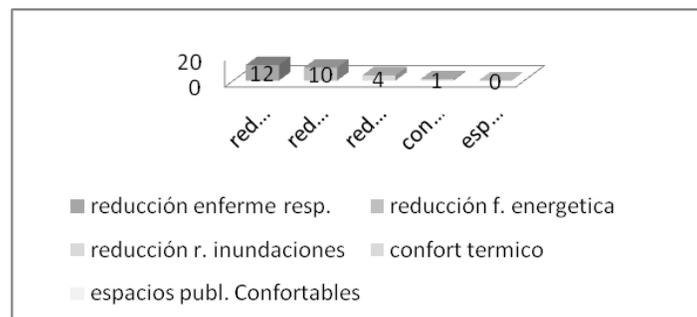
**Figura 32. Conocimiento sobre la existencia de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula (cliente potencial)**

El 92% contestó que no existe una guía, seguida de un pequeño porcentaje que respondió, no saber. La tendencia es que a juicio de las personas particulares, no existe una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula. Se concluye que a ese nivel hay un total desconocimiento de lo relativo al tema, por lo que hay una oportunidad de educar a la población en este campo.



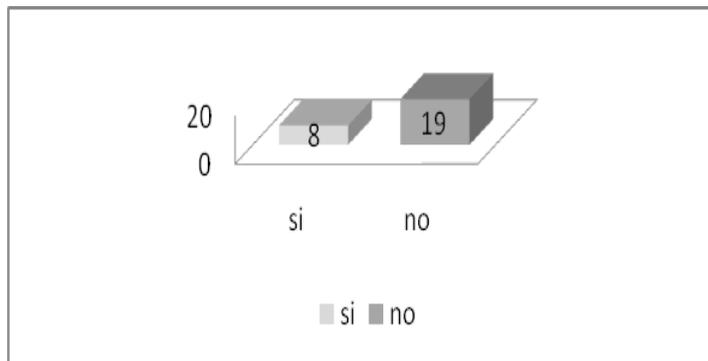
**Figura 33. Grado de interés en la creación e implementación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático en San Pedro Sula (cliente potencial)**

El 77% contestó tener mucho interés en la creación e implementación de la guía, seguida de un pequeño porcentaje que expresó estar medianamente interesado. La tendencia es que existe mucho interés en la misma. Se concluye que la creación e implementación de la guía es una necesidad para San Pedro Sula.



**Figura 34. Grado de interés en los beneficios de la arquitectura tropical bioclimática en San Pedro Sula**

La gran mayoría consideró de importancia la reducción de enfermedades respiratorias, seguidas de la reducción de factura de energía eléctrica y riesgo de inundaciones. La tendencia del mayor beneficio son las enfermedades respiratorias. Se concluye que el beneficio de la salud, es el de mayor atractivo para aceptar los criterios de diseño tropical bioclimático.

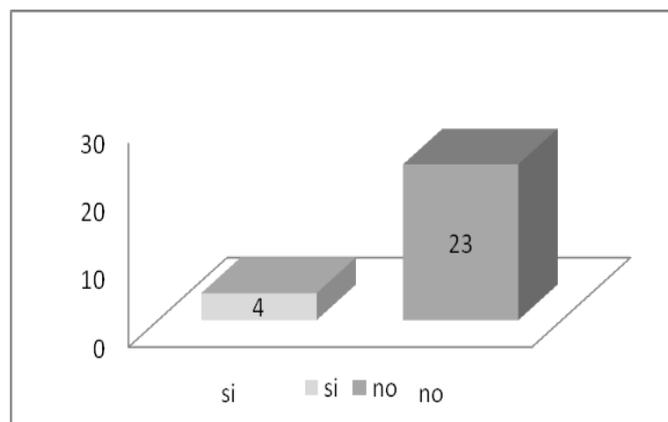


**Figura 35. Aprovechamiento del viento para reducir el consumo de energía eléctrica en su vivienda actual (cliente potencial)**

El 70%, expresó no estar aprovechando el viento para la reducción del consumo de energía eléctrica, seguido por los que sí lo están aprovechando. La tendencia es que no se está aprovechando el viento. Se concluye que el viento, es un recurso que está

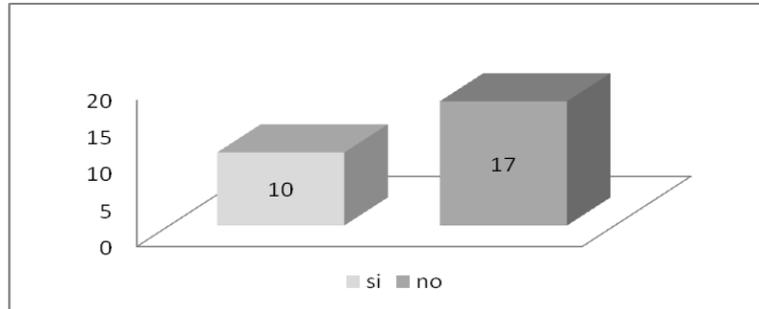
siendo

subutilizado.



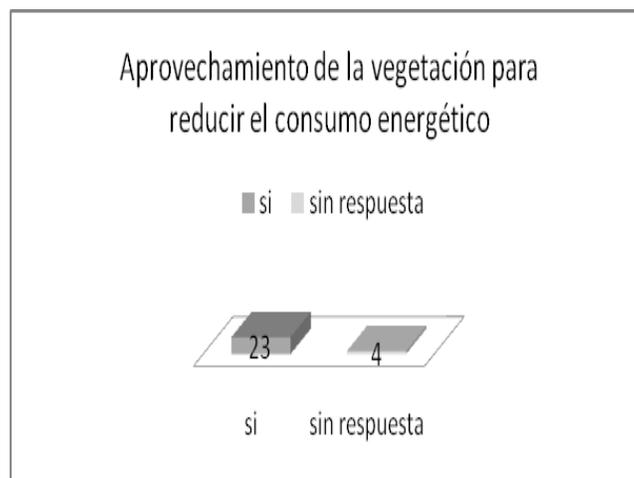
**Figura 36. Aprovechamiento de la lluvia para reducción del consumo de energía eléctrica**

El 85% expresó, no estar aprovechando la lluvia para reducir el consumo de energía eléctrica, seguido por los que sí la están aprovechando. La tendencia es que no se está aprovechando la lluvia. Se concluye que la lluvia es un recurso subutilizado.



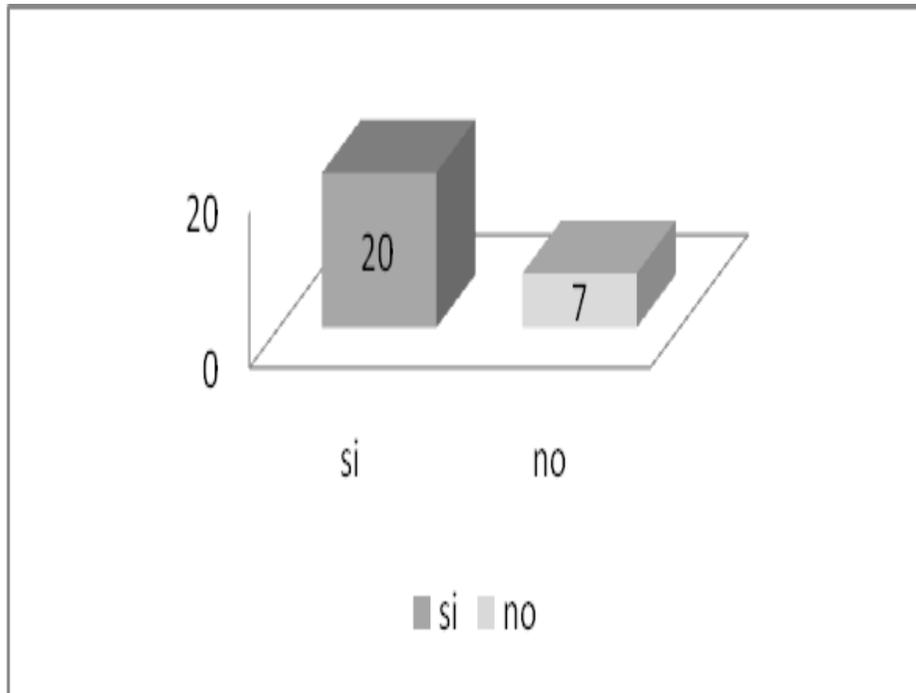
**Figura 37. Aprovechamiento de la vegetación para reducir el consumo de energía eléctrica en su vivienda (cliente potencial)**

El 62% expresó no estar aprovechando la vegetación para reducir el consumo de energía eléctrica, seguido por los que sí la están aprovechando. La tendencia es que no se está aprovechando la vegetación. Se concluye que la vegetación, es un recurso que en las viviendas se puede aprovechar mejor.



**Figura 38. Decisión de invertir en diseño tropical bioclimático para reducir el consumo de energía eléctrica (cliente potencial)**

El 85% expresó sí estar dispuesto a convertir su vivienda en tropical bioclimática, si se le demuestra que por cada lempira invertido en energía eléctrica en la arquitectura bioclimática, se invierten entre 4 y 6 lempiras en la arquitectura convencional, seguido de los que no contestaron. La tendencia es que la mayoría está dispuesta a invertir. Se concluye que hay interés mejorar el desempeño de la vivienda.



**Figura 39. Grado de interés en la obtención de una guía que oriente cómo hacer sus edificaciones tropicales bioclimáticas (cliente potencial)**

El 74%, de las personas a quienes se aplicó el cuestionario manifestaron estar interesados en tener una guía, que le oriente como hacer sus viviendas tropicales bioclimáticas, seguidas por los que se manifestaron en el sentido de no tener interés.

La tendencia es que la mayoría está interesada en adquirir una guía de Diseño Tropical Bioclimático. Se concluye que la guía tendría aceptación a nivel de personas particulares.

#### 4.3 ENTREVISTAS REALIZADAS A EXPERTOS EN TEMAS DE INTERÉS PARA LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA

##### **A. Entrevista realizada al Ing. José Jorge Canales, Planificador del Área de Cooperación Técnica de la ENEE en Tegucigalpa.**

###### **1. ¿Cuál es su cargo y función en la Empresa Nacional de Energía Eléctrica?**

R. Soy planificador del área de Cooperación Técnica en la ENEE y tengo bajo mi responsabilidad el Programa de Ahorro Energético, con cobertura en todo el País.

###### **2. ¿En qué consiste el programa de Ahorro Energético?**

R. El Programa está enfocado, en provocar un cambio en las actitudes y hábitos de la población uso de la energía eléctrica y la compra de equipo. El trabajo es sobre todo educativo, para contribuir a contrarrestar el derroche de energía eléctrica y en el sentido de que adquieran equipos eficientes de acuerdo a sus necesidades y posibilidades, pensando siempre en la eficiencia energética.

###### **3. ¿Existe alguna estadística sobre consumo de energía eléctrica en la ciudad de San Pedro Sula, que se relacione directamente con la presente investigación?**

R. Sí, la de la Unidad de Generación Autónoma y Uso Racional de Energía Eléctrica GAUREE en el 2005, que se refiere a la distribución de energía eléctrica por hogar.

###### **4.- ¿Que concepto representa el mayor consumo de energía eléctrica en la zona norte?**

R. El mayor consumo de energía en los hogares de SPS, depende de los sistemas de ventilación y de aire acondicionado, que representa un 37% del total. En general se considera que hay un uso irracional del aire acondicionado.

###### **5. ¿Qué tipo de medidas a nivel de oficinas de gobierno, se han implementado para la disminución del consumo de energía eléctrica?**

R. En primer lugar, que las oficinas públicas enciendan los aires acondicionados una hora después de la hora de llegada de los empleados; una segunda, apagar el aire

acondicionado cuando las oficinas no se ocupen por un período mínimo de 1.5 horas, para la hora de salida se recomienda apagar el aire acondicionado media hora antes.

**6. ¿Qué consideraciones son importantes en el diseño de un sistema de aire acondicionado?**

R. Es importante partir de la definición de la cantidad de personas que en dichos espacios se va atender; el tipo de actividad que se va a realizar en el ambiente; considerar qué tipo de materiales tienen los componentes de piso, pared y techo de la edificación.

**7. ¿Que otros aspectos considera importante en la temática del ahorro de energía eléctrica?**

R. A título personal, creo debemos usar el adobe, que es un material con altas propiedades de aislamiento y disponible localmente, aunque existen otras tecnologías para reducir el calor, como ser el vidrio doble y otras alternativas, realmente pienso que el problema es cultural y que tenemos que priorizar, hay que educar a la gente.

**8. En materia legislativa cómo está en Honduras el tema del ahorro de energía eléctrica?**

R. La Ley de Eficiencia Energética aun está en el Congreso Nacional, ya pasó por SERNA y por el despacho presidencial, vale decir que desde el 2006 arrancó esta iniciativa.

**9. ¿Qué recomendaciones daría usted para el ahorro de energía eléctrica?**

R. Aprovechar el agua lluvia para que alimente los baños, desconectar todos los artefactos que sea posible durante la noche; utilizar la plancha una o dos veces por semana; usar el calentador de agua con cronómetro; La bomba de agua es preferible monitorearla de manera manual, usar preferiblemente las estufas de gas y de las eléctricas es conveniente la de plancha en lugar que la de espiral.

**B. Entrevista realizada al Arq. Roberto Elvir Zelaya de San Pedro Sula, especialista en Diseño Paisajístico.**

**1 ¿Cuales son los elementos básicos que sirven de punto de partida para el diseño paisajístico urbano?**

R. Lo primero que se debe conceptualizar, es lo referente al derecho de vía, línea de propiedad, aceras, áreas verdes y retiros de construcción especificados por la unidad de Desarrollo Urbano de la Alcaldía Municipal.

En segundo lugar debe conocerse todo lo referente a infraestructura urbana existente, cableados al igual que todo lo que es transmisión y que ocupa un espacio aéreo y subterráneo, como el sistema de alcantarillado agua potable y de comunicaciones. Partiendo de eso debe analizar el tipo de especies se deben sembrar.

**2. ¿Existe algunas especies que se haya identificado como adecuadas para sembrar en los espacios urbanos y predios de San Pedro Sula?**

R. En realidad no. En la actualidad estoy escribiendo un libro que se llamará: “Arboles del paisaje de Honduras” y que pienso publicar este año, en él hago una relación de plantas en cuatro niveles desde cobertores, hasta árboles grandes.

**3. ¿A qué se refiere con los cuatro niveles de plantas?**

R. Es la clasificación en función del tamaño de la vegetación. En primer lugar están los árboles grandes cuya copa tiene una altura que va desde 35 a 40 metros, y que constituye el primer nivel. Entre ellos está la Caoba, y los grandes árboles del trópico como ser el Ceibo, Guanacaste y el Higo.

**4 ¿Que se entiende como segundo nivel?**

R. Es el nivel donde están comprendidas los árboles con copas que van de 10 a 20 metros. Entre ellos están el San Juan, el Macuelizo, otros de capa caída como el Júpiter de la india, Cañafístula, el Guayabo; también se incluyen aquí otros de poca densidad y troncos múltiples, como el Guarumo, y finalmente la Acacia.

## **5 ¿Que tiene que decir en relación a las especies locales?**

R. En realidad no existe tal concepto especie local, sino de árbol nativo, que es cuando biológicamente pertenece a un área determinada.

## **6. ¿Qué plantas están incluidas en el tercer nivel?**

R. En este nivel están los arbustos grandes como las Limonarias, Hibiscos, Chefleras, Júpiter, Afelandras, y los cítricos.

## **7. ¿Qué tipo de vegetación pertenece al cuarto nivel?**

R. Aquí están incluidos todos los arbustos pequeños como los cactus, los cobertores, enredaderas, trepadoras y gramas.

## **8. ¿Alguna información adicional sobre la vegetación en San Pedro Sula?**

R. Además de esos cuatro niveles que mencioné, están 4 grupos adicionales: Las palmeras de diferentes tamaños, esta la regia o palmera real; las medianas como la Miami; las troncales pequeñas como la Areca y la Papaya; y finalmente las neanteas, que funcionan como cobertores.

También en este grupo entran la palmera abanico, el plátano que es mini troncal, la Ave del Paraíso y las Heliconias. Además están los árboles con estructura especial entre los cuales están el Maguey, los Cactus y la Flor de Izote. Finalmente están los árboles con carácter propio.

En cuanto a su follaje están los árboles que tienen techo denso como el Mango y el Castaño, que requieren áreas o patios grandes para su desarrollo. Las especies que tienen techo abierto como el Macuelizo, árboles completamente desfoliados como el Pito y la Jocota, árboles con fustes altos densos y ovals con copa completa; finalmente está la Polialta que tiene un desarrollo vertical muy particular.

## **9. ¿Qué recomendaría usted para la arborización doméstica de un lote mínimo en San Pedro Sula?**

R. Yo recomendaría los cítricos, el Mango, el Naranja, Toronja y Plátanos.

**C. Entrevista realizada al Abogado y Agrónomo Roberto Roger Antonio Arita Carranza Gerente Administrativo de la Dirección Municipal Ambiental DIMA de San Pedro Sula.**

**1. ¿Cuáles son los procedimientos legales que recomienda usted para la implementación de la guía de diseño bioclimático en San Pedro Sula?**

R. En Honduras hay aproximadamente 3,000 leyes que tienen que ver con el sector ambiental, existe un compendio de leyes ambientales, está la ley general del ambiente, el código de salud, que a mi buen entender es más completo ya que tiene más fundamento ambiental en relación con la persona humana.

En relación a esto, nunca se ha llegado a un consenso, recordemos que esta es una ciencia evolutiva. El problema en Honduras es la aplicación, precisamente porque el tema es cambiante, es difícil llegar a una estandarización.

**2. La guía de diseño bioclimático se limita a la parte arquitectónica, ¿qué comentario tiene al respecto?**

R. Aquí en San Pedro Sula, la empresa privada se ha interesado más en estos asuntos que el sector gubernamental. La tendencia es esa, edificios inteligentes. El edificio Panorama y 305, son un ejemplo, están orientados a esa tecnología.

**3. ¿Cuál es el procedimiento legal para que la guía que ahora se está desarrollando, tenga un fundamento?**

R. En Primer lugar hay que establecerla como un anteproyecto; en segundo lugar hay que revisarla para enriquecerla y socializarla, en tercer lugar hay que darla a conocer al Ministro de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) para que lo integre a las leyes, como un compendio o guía de buenas prácticas. El documento también se debe llevar a la DECA y finalmente presentarlo a la Universidad como un medio para su difusión entre estudiantes de las carreras relacionadas.

**4. ¿Qué limitantes considera usted que podría tener la implementación de la guía de diseño bioclimático?**

R. La limitante siempre ha sido que este tipo de proyectos se debe planificar, y esto conlleva un largo período de tiempo. A mí en lo personal, me gustaría dejar un producto de mi gestión previo a retirarme, un aporte en educación ambiental que tenga una incidencia en la población. Pienso que una guía sería muy útil, es más específica. Ya existen varias guías, como ser de construcción, de manejo de desechos sólidos. Esta podría ser una guía de buenas prácticas directamente relacionadas con el diseño de las edificaciones y espacios públicos.

**5. ¿Cómo considera que se le puede dar seguimiento a la guía?**

R. Desde la gerencia administrativa de la Dirección Municipal Ambiental DIMA en San Pedro Sula, podemos hacer mucho, ya que a nivel nacional somos la unidad que mayor capacidad técnica, económica y de gestión tenemos para dar respuesta ambiental, en vista de que se cuenta con todo tipo de especialistas en el campo. Desde ahora que está en su etapa de formulación podemos asignar personal de la institución para la revisión, retroalimentación y validación de la guía.

**6. En su condición de autoridades municipales del más alto nivel, ¿Estarían dispuestos a apoyar la implementación de la guía mediante la asignación de personal calificado multidisciplinario que dedique tiempo y esfuerzo a revisar, retroalimentar, socializar e implementar la guía?**

R. Claro que sí y considero conveniente comenzar desde ahora que la Guía de Diseño Tropical Bioclimático se encuentra en su etapa de diseño y que el Plan de Desarrollo de esta ciudad se está actualizando. En este momento tengo bajo mi cargo la revisión del mismo y será lanzado muy pronto para su cumplimiento.

**7. ¿En qué fecha entrará en vigencia el Plan de desarrollo de la ciudad de San Pedro Sula?**

R. La idea es que a más tardar en tres meses sea puesto en vigencia, en esta misma semana tenemos sesión de Corporación Municipal para su aprobación, ese es el punto principal a tratar y estamos muy interesados en la puesta en marcha del mismo.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

1. En San Pedro Sula, el sector residencial es el que presenta el más alto consumo de energía eléctrica llegando en la mayoría de los casos al desperdicio, lo cual trae consecuencias económicas negativas, por lo tanto es apremiante que se tomen medidas de aplicación inmediata para reducir dicho consumo.

2. Para la gran mayoría de los ciudadanos de San Pedro Sula, que contestaron el cuestionario, el ahorro de energía eléctrica, es el beneficio más importante de la arquitectura tropical bioclimática, porque afecta a todos los aspectos de la sociedad.

Esto lo convierte en un tema de carácter estratégico; que debe ser tomado en cuenta desde el inicio del proceso de diseño: En lugar de representar un riesgo, se convierte en la oportunidad de diseñar proyectos cada vez más eficientes.

3. La comunicación y difusión del concepto de arquitectura tropical bioclimática son casi nulos en San Pedro Sula.

4. En vista de que los habitantes de las edificaciones son parte vital del funcionamiento de los mismos, la sensibilización y educación del usuario en la eficiencia energética son elementos clave para asegurar el buen funcionamiento de los edificios diseñados con criterios tropicales bioclimáticos a lo largo de su vida útil.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Las dependencias del gobierno local de San Pedro Sula, tales como urbanismo, planificación y vivienda así como las empresas privadas dedicadas al diseño y construcción, las escuelas de arquitectura e ingeniería civil, eléctrica y ambiental, deben impulsar la arquitectura bioclimática, como alternativa viable para la reducción del consumo de energía eléctrica.

2. El pensum académico de la facultad de arquitectura de las diferentes universidades de Honduras y especialmente de San Pedro Sula, debe incorporar la materia de orientación de arquitectura sostenible, de la cual el comienzo es la arquitectura tropical bioclimática.

3. Los criterios tropicales bioclimáticos en el diseño arquitectónico deben constituir una estrategia de planificación, que debe ser incorporada por planificadores, urbanistas, ambientalistas, autoridades y la población en general, en todo el ciclo de vida de los proyectos, desde la fase de diseño de edificaciones y espacios urbanos, hasta la fase de mantenimiento de los mismos, ya que existe un consenso en el sentido de que uno de sus mayores beneficios es el ahorro de energía eléctrica.

4. Es conveniente promover una campaña masiva de comunicación y difusión de la arquitectura tropical bioclimática, dirigida a autoridades y profesionales interdisciplinarios, orientada a lograr una concientización y capacitación amplia en el tema, que incluya desde la enseñanza de los lineamientos y conceptos básicos, hasta las soluciones y casos prácticos existentes, a fin de dar la formación técnica requerida.

5. Se requiere una educación continua a nivel general, con miras a lograr la eficiencia energética, ya que en ello entra en juego el usuario, y con ello una modificación de sus hábitos y costumbres. Siendo esto un factor decisivo para el buen funcionamiento y vida útil de las edificaciones diseñadas con criterios bioclimático.

## CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

### CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON CRITERIO BIOCLIMÁTICO PARA SAN PEDRO SULA

6.1 INTRODUCCIÓN DEL CATÁLOGO.....	78
6.1.1 ¿QUÉ ES EL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS? .....	79
6.1.2 ¿CUÁL ES EL PROPÓSITO DEL CATÁLOGO? .....	80
6.1.3 ¿A QUIENES ESTÁ DIRIGIDO EL CATÁLOGO?.....	80
6.2 ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA .....	80
6.2.1 ¿QUÉ ES LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA? .....	80
6.2.2 NIVELES DE DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO.....	81
6.2.2.1 Nivel de diseño urbano. ....	81
6.2.2.2 Nivel de diseño de edificaciones.....	82
6.2.2.3 Nivel de elementos constructivos .....	82
6.2.3 EL CONFORT TÉRMICO .....	82
6.3 SIMBOLOGÍA DEL GLOSARIO DEL CATÁLOGO.....	85
6.3.1 ASPECTOS CONSIDERADOS EN CATÁLOGO.....	85
6.3.1.1 Proteger en forma adecuada de lluvias e inundaciones. ....	86
6.3.1.2 Promover la ventilación cruzada e iluminación natural. ....	86
6.3.1.3 Crear suficientes sombras naturales o artificiales.....	87
6.3.2 PARTES DE LAS EDIFICACIONES .....	87
6.4 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS BIOCLIMÁTICOS PARA SAN PEDRO SULA. ..	88
6.4.1 ACCIONES A REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN TECHOS....	88
6.4.1.1 Aprovechamiento del viento en techos .....	88
6.4.1.2 Aprovechamiento del sol en techos .....	94
6.4.1.3 Aprovechamiento de la vegetación en techos .....	96
6.4.1.4 Aprovechamiento de la lluvia en techos .....	98
6.4.1.5 Protección del sol en techos .....	98
6.4.1.6 Protección de la lluvia en techos .....	100

6.4.1.7 Control de la lluvia en techos .....	101
6.3.3 ACCIONES A REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN PAREDES	102
6.3.3.1 Aprovechamiento del viento en paredes.....	102
6.3.3.2 Aprovechamiento de sol en paredes .....	111
6.3.3.3 Aprovechamiento de la vegetación en paredes .....	112
6.3.3.4 Protección del sol en paredes.....	114
6.4.2.5 Protección de la lluvia en paredes .....	120
6.4.2.6 Control del sol en paredes .....	122
6.4.3 ACCIONES A REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN PISOS .....	123
6.4.3.1 Aprovechamiento del viento en pisos .....	123
6.4.3.2 Aprovechamiento de la lluvia en pisos.....	124
6.4.3.3 Aprovechamiento de la vegetación en pisos.....	126
6.4.3.4 Protección de la lluvia en pisos.....	128
6.4.3.5 Control del sol en pisos .....	129
6.4.4. ACCIONES A REALIZAR CON LA LLUVIA EN ANCLAJES.....	130
6.4.4.1 Protección de la lluvia en anclajes .....	130
6.5 CONSIDERACIONES USO DE AIRE ACONDICIONADO CASOS ESPECIALES.	132
6.6 CHECKLIST RESUMEN VISUAL .....	133
6.7. CÁLCULO COSTOS DIRECTOS DE ELEMENTOS AMBOS TIPOS DE DISEÑO.	138
6.7.1 FIRME DE CONCRETO DISEÑO CONVENCIONAL Y ADOQUÍN ECOLÓGICO (PATIOS)	138
6.7.1.1 Firme de concreto revestido cerámica (1 m2) .....	138
6.7.1.2 Adoquín ecológico (1m2).....	137
6.7.2.VENTANA CENTRAL Y DOS VENTANAS.....	137
6.7.2.1 Ventana central de 1.20x 1.65m .....	138
6.7.2.2 Dos ventanas de 0.60x 1.65m en una misma pared.....	138
6.7.3 MURO PERIMETRAL CON DISEÑO CONVENCIONAL Y TROPICAL BIOCLIMÁTICO:.....	139
6.7.3.1 Muro perimetral con diseño convencional: ladrillo rafón, h= 1.80m .	139
6.7.3.2 Muro perimetral con diseño tropical bioclimático: .....	140
6.7.4 RESUMEN COMPARATIVO ENTRE EL COSTO DIRECTO AMBOS TIPOS DE DISEÑO..	140
6.7.5 CONCLUSIÓN .....	140

## 6.1 INTRODUCCIÓN DEL CATÁLOGO

En la ciudad de San Pedro Sula existen condiciones climáticas locales especiales; las temperaturas y grado de humedad son muy altos, lo cual exige su estudio para determinar las medidas particulares necesarias para diseñar espacios con el nivel de confort que el cuerpo humano requiere para funcionar en óptimas condiciones de habitabilidad.

Para alcanzar las condiciones citadas es necesaria la aplicación de estrategias específicas, conducentes tanto a alcanzar el confort térmico personal como la reducción en el consumo de energía eléctrica; dichas medidas deben ser implementadas desde la etapa del diseño de las edificaciones y espacios urbanos, de manera especial en el sector vivienda es el que más alto consumo de energía eléctrica reporta durante su operación y mantenimiento.

Cuando lo expresado en el párrafo anterior no se hace, se crea la necesidad de usar sistemas mecánicos como aires acondicionados para corregir los errores y así alcanzar el nivel de confort térmico personal requerido, no obstante esto trae aparejadas consecuencias negativas para los usuarios de dichas edificaciones, entre ellos alto consumo energético y enfermedades bronco-respiratorias. Es aquí donde la educación social se vuelve relevante para incentivar la construcción racional y lógica. La comprensión general de esta problemática debe desalentar la emulación de estilos y tendencias constructivas que provienen de otros países donde el clima es muy diferente al tropical y más aún al clima tropical húmedo, clasificación en la que se ubica el clima de San Pedro Sula.

En vista de lo anterior se hace necesaria la creación e implementación de herramientas adecuadas para resolver de manera eficiente las necesidades específicas de diseño y construcción de San Pedro Sula, acordes con las condiciones climatológicas y demás factores de su entorno físico, económico y social; con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos naturales involucrados en el tema.

Este uso racional de los recursos es parte fundamental del desarrollo económico, social y cultural de San Pedro Sula y está íntimamente relacionado con la salud, la cultura, riesgo de inundaciones, confort térmico personal y espacios públicos confortables.

En este sentido se presenta la primera versión del Catálogo de Elementos Constructivos con Criterio Tropical Bioclimático para la ciudad de San Pedro Sula, como parte integral de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático para dicha ciudad.

#### 6.1.1 ¿QUÉ ES EL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON CRITERIO TROPICAL BIOCLIMÁTICO PARA SAN PEDRO SULA?

El catálogo es un componente importante de la Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula, se trata de un conjunto de alternativas prácticas, útiles en el diseño y construcción de edificaciones confortables, eficientes y respetuosas del medio ambiente lo que se logra mediante la aplicación de diversas estrategias de diseño contenidas en el presente catálogo.

Para la elaboración del catálogo se realizó la correspondiente investigación documental basada en una amplia bibliografía, el marco legal vigente y la asesoría técnica de la arquitecta Ángela Stassano Ráquel, investigadora y especialista nacional del tema; también ha sido de mucha ayuda la interacción, vivencia y análisis de las autoras en el grupo de edificaciones que se encuentran ubicadas en el Barrial, cuyo eje principal es la plaza comercial bioclimática, desarrollados en década del 2002-2012, diseñados y construidos con criterios tropicales bioclimáticos y algunos edificios de la ciudad que cuentan con elementos constructivos que esta disciplina recomienda.

El catálogo está diseñado como un instrumento en constante evolución y actualización. La presente versión es el comienzo de una larga gama de opciones que deben continuar surgiendo en los proyectos de todo tamaño y función que serán diseñados por personas cada vez más conscientes y responsables con su profesión y su entorno.

### 6.1.2 ¿CUÁL ES EL PROPÓSITO DEL CATÁLOGO?

El catálogo es una herramienta básica para orientar el diseño y construcción de edificaciones eficientes en San Pedro Sula y ha sido concebido con tres propósitos:

1) Servir como instrumento útil, de fácil acceso, amigable y comprensible para concientizar, difundir conocimiento, educar, promover y fomentar el diseño y construcción tropical bioclimático en nuevos proyectos y remodelaciones.

2) Contribuir con la Guía de Diseño Tropical Bioclimático para la implementación de estrategias que contribuyan a la reducción del consumo de energía eléctrica, mediante el uso de elementos constructivos que disminuyan las ganancias de calor y aumenten el confort térmico personal en las edificaciones y espacios urbanos.

3) Apoyar en forma gráfica la difusión de los criterios tropicales bioclimáticos en la ciudad de San Pedro Sula.

### 6.1.3 ¿A QUIENES ESTÁ DIRIGIDO EL CATÁLOGO?

El catálogo de elementos constructivos, está dirigido a la población en general, maestros de construcción, desarrolladores, autoridades e instituciones públicas y privadas, diseñadores, urbanistas, planificadores, arquitectos, Ingenieros y ambientalistas para que el diseño y construcción tropical bioclimático para San Pedro Sula, sean promovidos entre los actores y beneficiarios potenciales del sector.

## 6.2 ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA

### 6.2.1 ¿QUÉ ES LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA?

Es aquella que para su desarrollo se basa en el clima y las condiciones físicas del entorno para lograr el confort térmico de las personas tanto en los ambientes cerrados como abiertos, públicos como privados.

La arquitectura tropical bioclimática utiliza menos energía eléctrica, para brindar el adecuado confort térmico personal, aumenta la salud física y emocional así como la productividad.

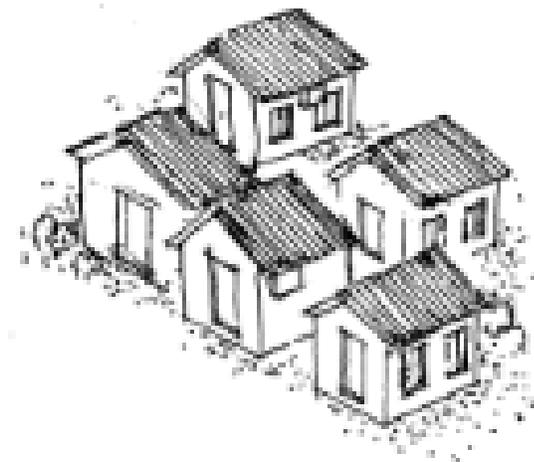
## 6.2.2 NIVELES DE DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO

La arquitectura tropical bioclimática puede aplicarse en tres niveles: a) nivel urbano, b) nivel de edificaciones y c) nivel de elementos constructivos.

### 6.2.2.1 Nivel de diseño urbano.

Entre los elementos físicos que se deben considerar en el diseño a nivel urbano están la topografía, hidrología, emplazamiento de las edificaciones, orientación de calles y avenidas, arborización para reducir el impacto de las islas de calor.

Como puede apreciarse en las figuras 1 y 2, una ciudad diseñada en forma convencional, produce alto consumo de energía eléctrica, espacios públicos con sobrecalentamiento provocado por excesiva área pavimentada y elementos de concreto expuestos directamente a la radiación solar, mala orientación de calles y avenidas respecto del viento y del sol, en cambio una ciudad diseñada con los criterios tropicales bioclimáticos es todo lo opuesto: bajo consumo de energía eléctrica, ventilación cruzada y demás estrategias de diseño como por ejemplo mucha vegetación que produce sombra, oxígeno, biodiversidad y espacios públicos confortables.



**Figura 1. Diseño convencional**



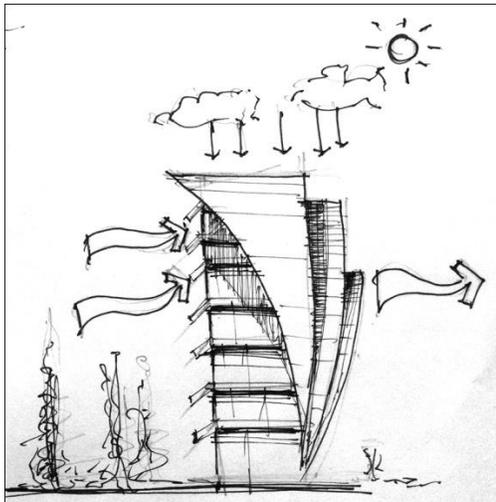
**Figura 2. Diseño bioclimático**

En cambio una ciudad diseñada con criterio tropical bioclimático, reduce el consumo de energía eléctrica, cuenta con espacios públicos confortables, arborización adecuada

y exuberante que produce sombra suficiente y evita el asoleamiento excesivo de los pavimentos, buena orientación de calles y avenidas respecto del viento y del sol.

#### 6.2.2.2 Nivel de diseño de edificaciones

En la figura 2 se observa que todo tipo de edificaciones, sin importar la actividad que se realice, el tamaño, y disponibilidad presupuestaria, urbana o rural; puede ser diseñada y construida con criterio tropical bioclimático.



**Figura 3. Grandes edificaciones**



**Figura 4. Pequeñas edificaciones**

Todo tipo de edificaciones sin importar tamaño, función, disponibilidad presupuestaria, puede diseñarse con criterio tropical bioclimático para lograr mayor calidad de vida con menos recursos en forma sostenible a través del tiempo.

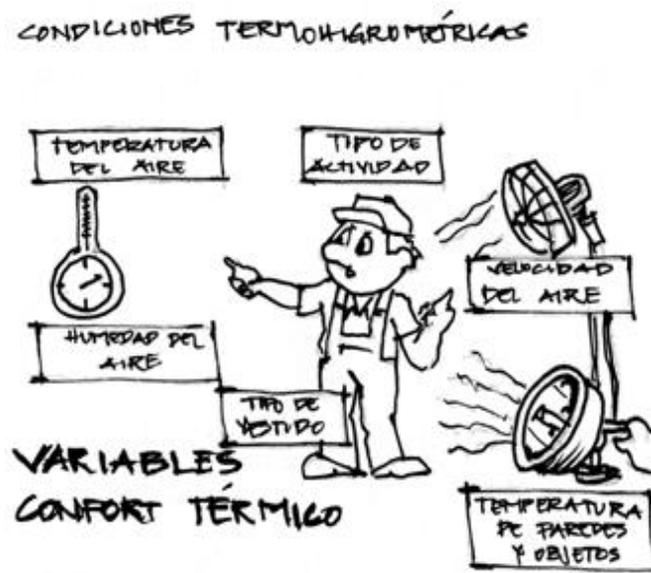
#### 6.2.2.3 Nivel de elementos constructivos

El principal propósito de la arquitectura bioclimática es proveer espacios confortables, de manera especial se busca que las edificaciones reporten bajo consumo de energía eléctrica, lo cual puede lograrse mediante el uso de elementos constructivos que disminuyan las ganancias de calor en las edificaciones y espacios urbanos.

#### 6.2.3 EL CONFORT TÉRMICO

El valor que se confiere al confort térmico es cada día más importante, por tal razón las edificaciones deben dotarse de espacios confortables y saludables, que hagan uso

eficiente de la energía eléctrica, los recursos y el cuidado del medio ambiente. El estudio de las condiciones físicas locales ayuda para determinar las estrategias necesarias para diseñar espacios con sistemas pasivos de climatización, las condiciones de confort y salud requeridas, reduciendo al máximo el consumo de energía. En la figura 5 se muestran las variables que intervienen en el confort térmico son: a) Tipo de actividad o trabajo, b) Tipo de vestido, c) Temperatura de paredes y objetos y d) Características del ambiente: temperatura, humedad y velocidad del viento.



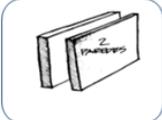
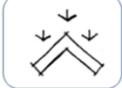
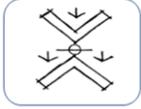
**Figura 5. Variables del confort térmico**

fuelle:<https://www.google.hn/search?q=variables+del+confort+humano>

### 6.3 GLOSARIO GRÁFICO DEL CATÁLOGO

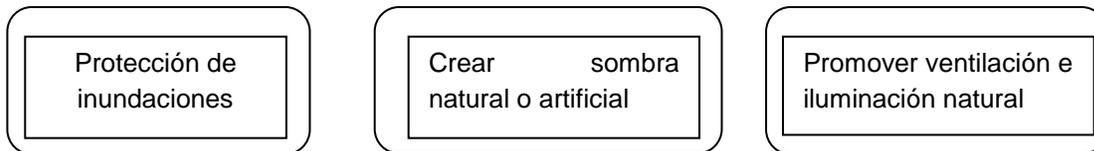
Con el propósito de facilitar la lectura y comprensión del catálogo, se ha creado un glosario gráfico para representar los factores que se consideran en el catálogo, debido a su interrelación, son la base de la arquitectura tropical bioclimática y se manifiestan en las diferentes situaciones que a diario se presentan en las edificaciones, para cuyo abordaje se ofrecen sugerencias cuya implementación ayudará a mejorar la calidad de vida de los usuarios con los mismos o menores recursos.

**Tabla 1. Simbología del glosario del catálogo**

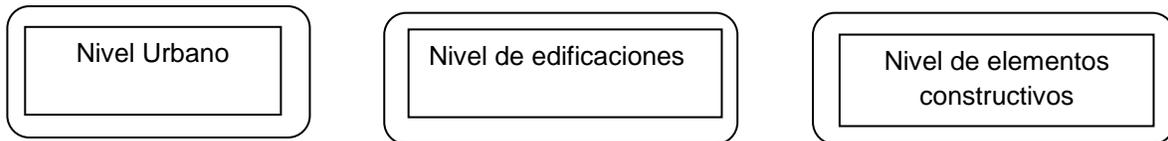
PARTES DE LAS EDIFICACIONES	SÍMBOLO	ACCIONES QUE SE RECOMIENDA REALIZAR	SÍMBOLO
<b>Techos</b>		<b>Aprovechamiento</b>	
<b>Paredes</b>		<b>Protección</b>	
<b>Pisos</b>		<b>Control</b>	
<b>Anclajes</b>			
<b>ELEMENTOS NATURALES</b>		<b>TERMINOLOGÍA UTILIZADA</b>	
<b>Viento</b>		<b>Exposición Solar</b>	
<b>Sol</b>		<b>Humedad</b>	
<b>Lluvia</b>		<b>Permeabilidad</b>	
<b>Vegetación</b>		<b>Radiación solar</b>	

### 6.3.1 ASPECTOS CONSIDERADOS EN EL CATÁLOGO

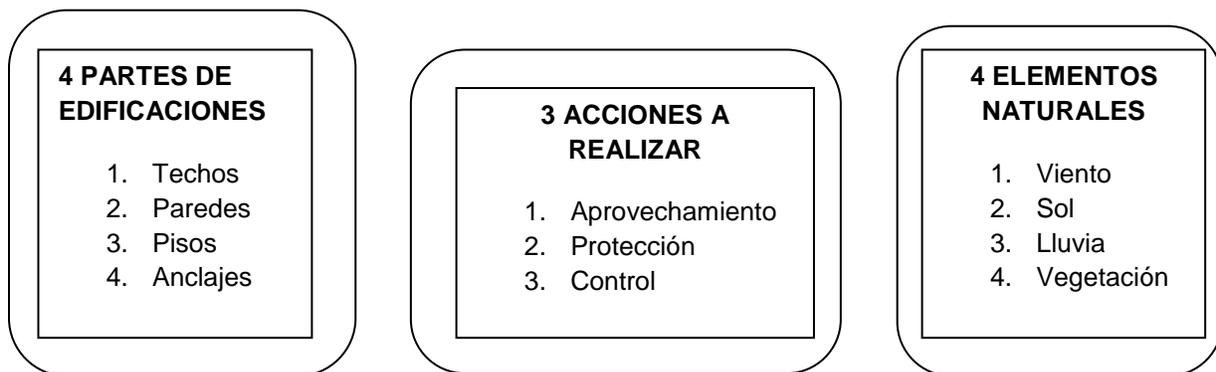
#### I. TRES ESTRATEGIAS BÁSICAS DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO EN SAN PEDRO SULA



#### II. TRES NIVELES DE APLICACIÓN DE DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO TROPICAL



#### III. PARTES DE LAS EDIFICACIONES, ELEMENTOS NATURALES Y ACCIONES QUE SE DEBE REALIZAR



**Figura 6. Cuadro resumen aspectos considerados en el catálogo.**

La figura 6 resume los aspectos importantes en los que se basa el catálogo, los cuales son necesarios para que se cumplan las tres estrategias básicas que se propone alcanzar en los tres niveles de aplicación de la arquitectura tropical bioclimática así como las partes de las edificaciones, los elementos naturales y acciones que se

recomienda realizar en cada una de las situaciones que se presentan. Los espacios físicos y sus elementos constructivos se diseñan de acuerdo con la situación que se desea obtener, según las actividades que en ellos se realizan.

Los elementos constructivos sugeridos en el presente catálogo no son de uso geográfico general, se limitan al clima tropical húmedo y demás características físicas de San Pedro Sula; para ser utilizados en otras localidades deben adecuarse a las condiciones climáticas y físicas propias y específicas del lugar donde se desee construir o diseñar con criterios bioclimáticos en cualquiera de los tres niveles.

#### 6.3.2 ESTRATEGIAS BÁSICAS DEL DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO

Las tres prioridades de diseño bioclimático que se abordan en este trabajo, se han elegido por considerar que son las más urgentes de resolver en San Pedro Sula, de acuerdo con lo observado en las condiciones climáticas y físicas del entorno y por ser parte de los problemas básicos en cuanto a la calidad de vida de gran parte de su población. Dichas prioridades son las siguientes:

##### 6.3.1.1 Proteger en forma adecuada de lluvias e inundaciones.

Debido a las frecuentes y copiosas lluvias que caracterizan al trópico húmedo en San Pedro Sula, gran número de colonias sufren inundaciones en forma recurrente, por lo se deben considerar las características físicas, naturales y artificiales para crear una arquitectura adecuada al medio. Actuar de inmediato es prioritario, puesto que se trata de la supervivencia de un número importante de personas. Ver listado de colonias inundables en anexo 1.

##### 6.3.1.2 Promover la ventilación cruzada e iluminación natural.

Por ser el viento uno de los elementos naturales que mayor confort producen, los escasos vientos de la ciudad de San Pedro Sula deben aprovecharse al máximo para lograr ventilación adecuada de las edificaciones y espacios públicos.

Se debe evitar barreras interiores y exteriores al paso de los vientos, crear ventilación cruzada orientada a la dirección de los vientos predominantes y usar sistemas de bajo

consumo de energía eléctrica como complemento. La iluminación natural debe lograrse, evitando la incidencia directa de los rayos solares en los mismos.

### 6.3.1.3 Crear suficientes sombras naturales o artificiales.

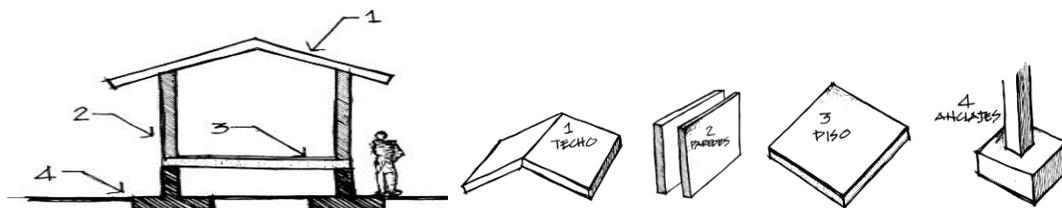
En San Pedro Sula las sombras son muy apreciadas por el peatón, esto se debe al confort térmico personal que proveen, además de evitar el sobrecalentamiento de los pavimentos y áreas de concreto de la ciudad.

Es importante tomar en cuenta que una de las características favorables del clima tropical húmedo es la existencia de vegetación abundante y exuberante, la cual es parte complementaria y fundamental para alcanzar los niveles de confort requeridos.

No se requiere de materiales costosos para lograr espacios ambientes agradables y sanos. Además de la sombra, la vegetación cumple con una amplia diversidad de funciones, entre ellas, reducción de la temperatura, la producción de frutos, la oxigenación, filtración de polvo y sonidos, proporcionar hábitat a la biodiversidad, ornamentación, en las áreas verdes se incentiva la sensación de comunidad todo lo cual influye en la mejora psicológica urbana.

### 6.3.2 PARTES DE LAS EDIFICACIONES

Las funciones básicas de una edificación consisten proteger a las personas y sus bienes del viento, el sol, la lluvia y la humedad del suelo. Estas funciones son realizadas por las cuatro partes principales que la conforman: 1) techo, 2) paredes, 3) piso y 4) anclajes las cuales pueden observarse a continuación en la figura 6.



**Figura 7. Partes de una edificación**

Fuente: Lengen Johan Van, El arquitecto Descalzo.

En las juntas de techo, paredes, piso y anclajes (cimentación), es donde se presenta la mayor parte de los problemas producidos especialmente por los efectos de la lluvia, que es el elemento natural que más incide en el clima tropical húmedo de San Pedro Sula, donde los vientos son escasos y debe buscarse la forma de aprovecharlos al máximo por medio de una buena orientación de las edificaciones. Los rayos solares deben evitarse al máximo para evitar el excesivo calor. Estas cuatro partes básicas de las edificaciones, son las que interactúan con los elementos naturales (viento, sol, lluvia y vegetación), de cuyo efecto podemos hacer un aprovechamiento, protección o control, según sea el caso y la conveniencia, lo cual se explica e ilustra en el siguiente apartado del catálogo.

#### 6.4 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON CRITERIO TROPICAL BIOCLIMÁTICO PARA SAN PEDRO SULA.

A continuación se presenta el catálogo de elementos constructivos con criterio bioclimático, en el mismo orden en que han sido citadas las partes de las edificaciones, es decir, comienza con el análisis del techo, continúa con las paredes el piso y los anclajes y se establece las diferentes situaciones que se dan entre dichos componentes y los elementos naturales: viento, sol, lluvia y vegetación, así como las acciones que se recomienda realizar para lograr los objetivos de disminución de ganancias de calor, ahorro de energía eléctrica y confort térmico personal que busca alcanzar y proveer a los usuarios la arquitectura tropical bioclimática.

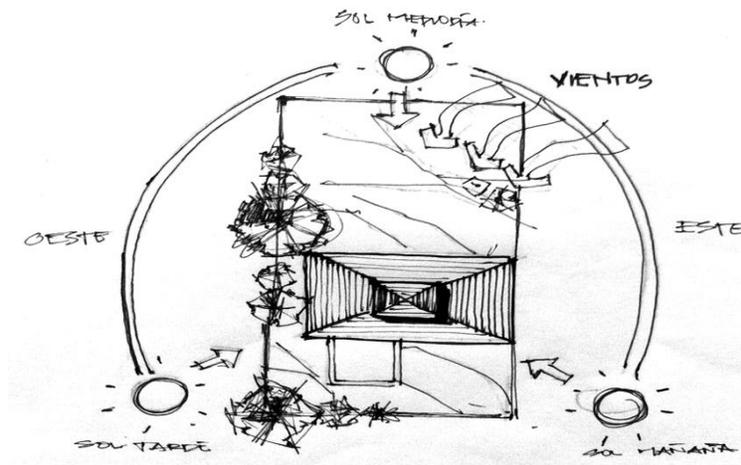
##### 6.4.1 ACCIONES QUE SE RECOMIENDA REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN TECHOS

###### 6.4.1.1 Aprovechamiento del viento en techos



Una de las mejores formas de aprovechar el viento en los techos, es utilizarlo para extraer el calor acumulado en la parte más alta de las edificaciones, que es donde se acumula el calor (aire caliente). Para lograr sacar el calor de los techos, las

edificaciones deben orientarse tomando en cuenta la dirección de los vientos dominantes que en San Pedro Sula es la dirección Noreste, como se muestra en la figura 7.

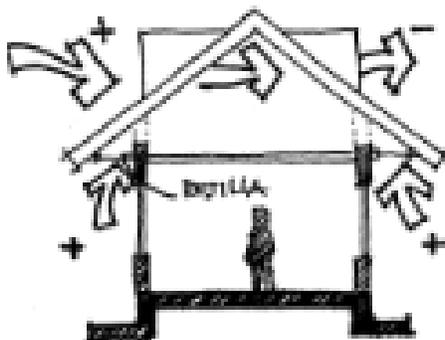


**Figura 8. Orientación conforme a la dirección del viento (NE)**

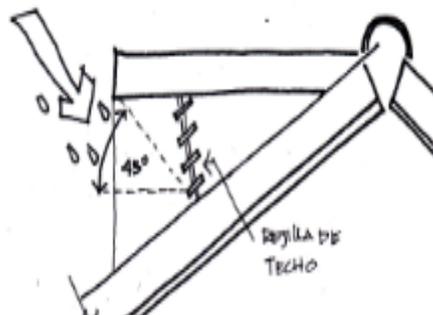
Se requiere que las áreas del techo a ventilar cuenten con una entrada y una salida preferiblemente opuestas, representadas en las figuras siguientes por un signo positivo cuando el viento trabaja a presión (entra) y por un signo negativo cuando el viento trabaja a succión (sale), conforme se observa en la tabla 2.

**Tabla 2. Tabla de comportamiento del viento**

ENTRADA + Presión	SALIDA - Succión
-------------------------	------------------------

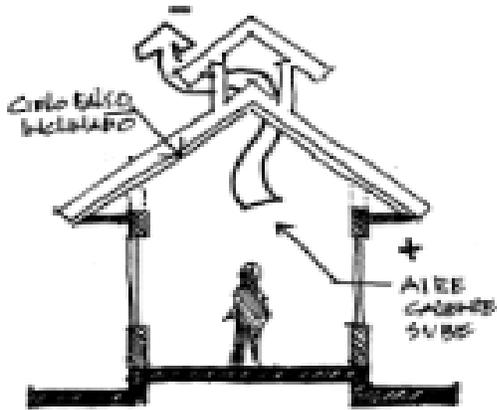


**Figura 9. Rejillas de ventilación**



**Figura 10. Detalle rejillas**

Como se observa en la figura 8, los techos a dos aguas pueden ventilarse con rejillas verticales una enfrente de la otra. La rejilla debe instalarse en ángulo de 45° para que impida la entrada de la lluvia, tal como se indica en la figura 9.

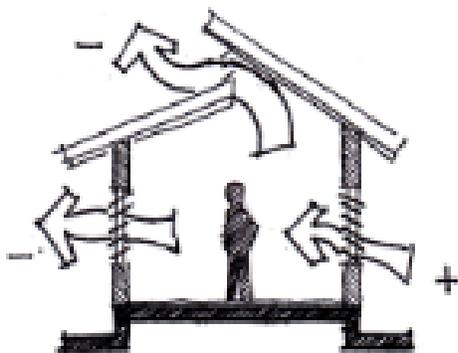


**Figura 11. Cielo falso inclinado**

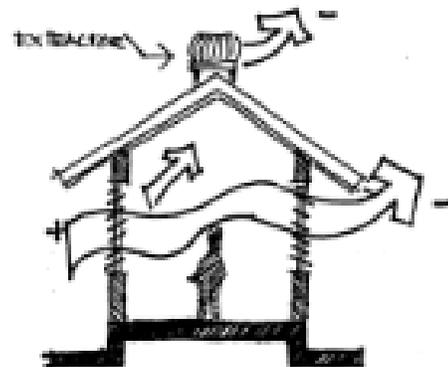


**Figura 12. Abertura longitudinal**

Las aberturas en la parte superior de los techos propician la salida del aire caliente de los ambientes interiores.



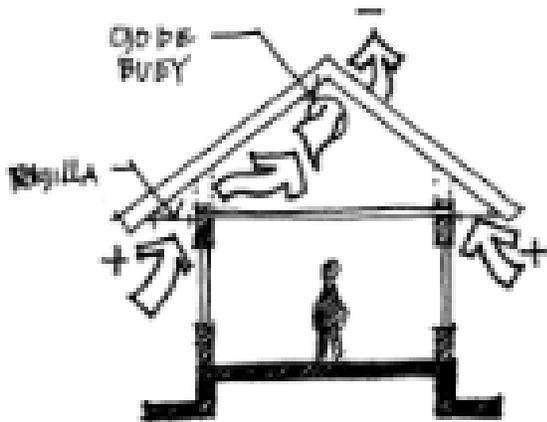
**Figura 13. Cubierta en diferentes niveles**



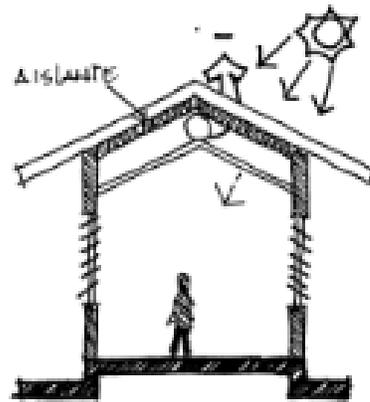
**Figura 14. Extractores**

En el caso que se ilustra en la figura 13, la abertura debe ubicarse en dirección contraria a los vientos predominantes para evitar la entrada de aguas lluvias al interior de las edificaciones.

La ventilación debe reforzarse con sistemas de bajo consumo como los extractores de aire caliente, según se ilustra en la figura 14.



**Figura 15. Cielo falso horizontal**

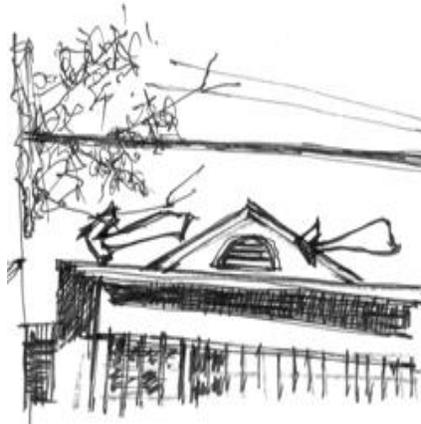


**Figura 16. Cielo falso inclinado**

Como se muestra en la figuras 15 y 16, los techos deben ser debidamente ventilados, entre las opciones tenemos los ojos de buey que se sitúan en la parte más alta del techo. Los techos inclinados permiten mayor altura y por ende espacios más confortables.

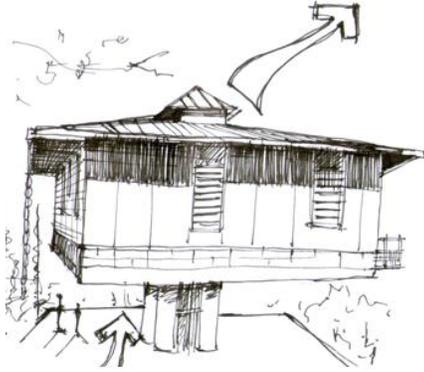


**Figura 17. Abertura rectangular**

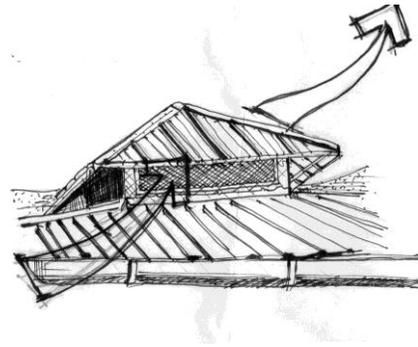


**Figura 18. Abertura circular**

La entrada y la salida del aire en los techos puede tener diferentes formas, su función es hacer que el aire circule para que no se acumule el calor en los mismos y evitar que sea transmitido al interior de las edificaciones.

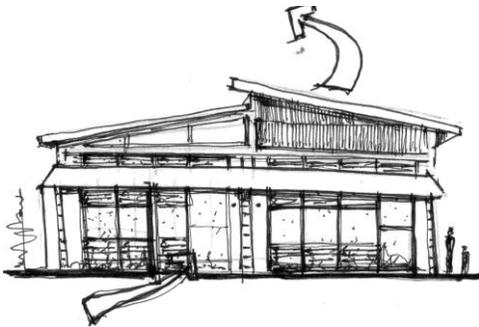


**Figura 19. Ventilación por piso**

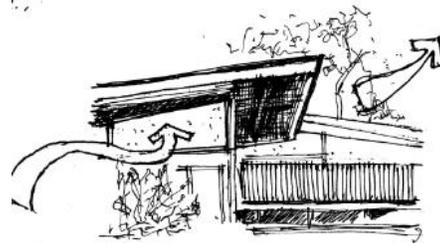


**Figura 20. Chimenea de ventilación**

El viento es captado del exterior por la parte baja de la edificación, sube, refresca el interior de las habitaciones y sale caliente por la parte superior (chimenea de ventilación)



**Figura 21. Ventilación en varios niveles**

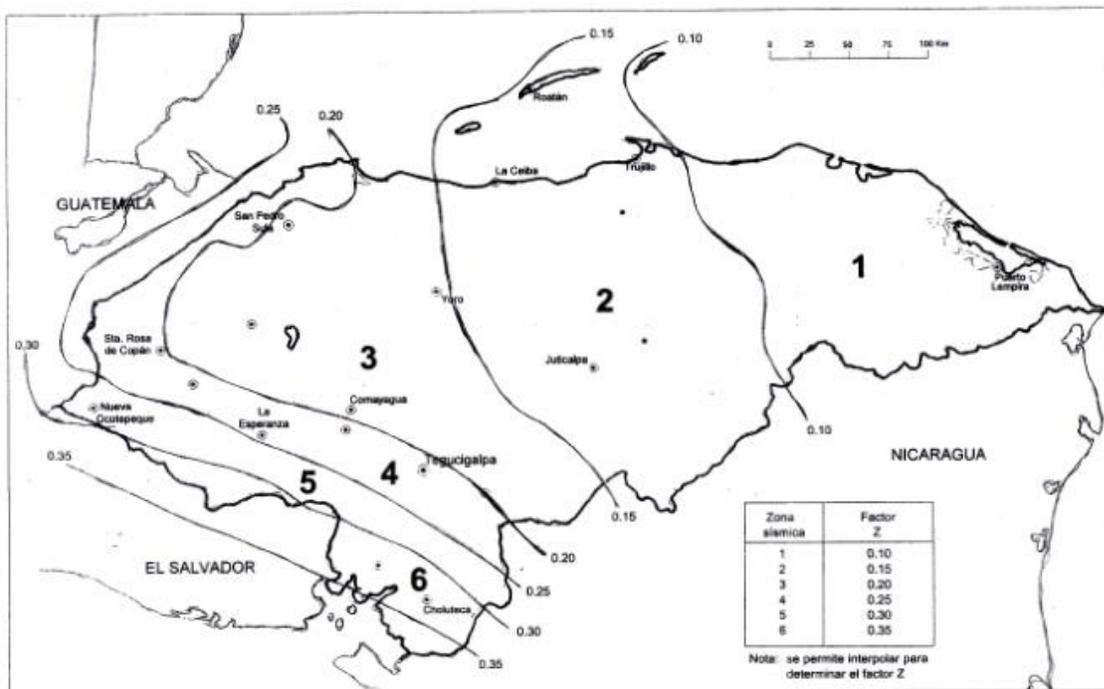


**Figura 22. Túnel de viento**

Las ventanas de celosías con diferentes niveles permiten controlar la entrada de viento en las habitaciones de acuerdo a la cantidad y dirección requerida, lo cual es conveniente para lograr la versatilidad y comodidad del espacio.

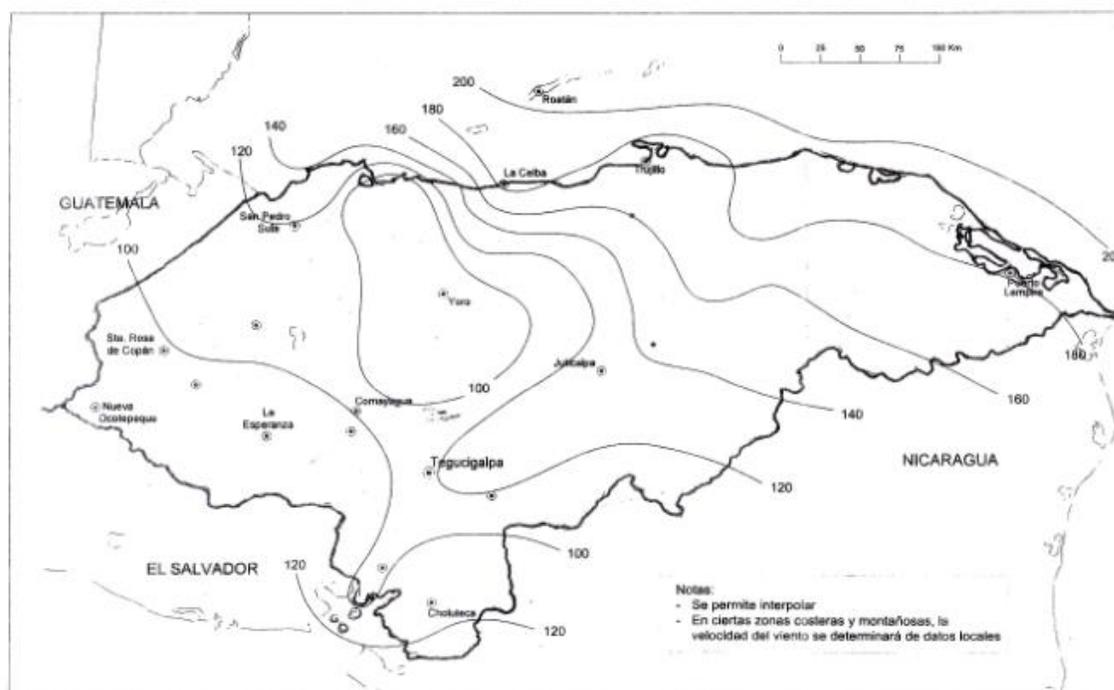
En caso de decidir ventilar con túneles de viento los techos en lugares tropicales expuestos a huracanes y sismos, se deben diseñar e implementar los anclajes requeridos conforme a la velocidad de los vientos que enfrentan.

Ver mapa de zonas sísmicas en figura 23 y mapa de la velocidad mínima básica del viento en figura 24.



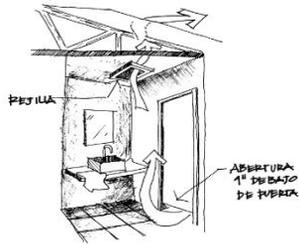
**Figura 23. Mapa de zonas sísmicas**

Fuente: Normas Técnicas Código Hondureño de Construcción, CICH

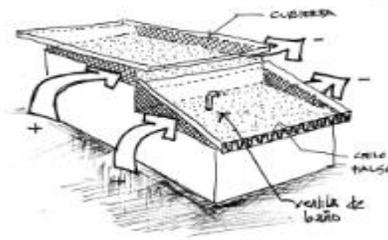


**Figura 24. Velocidad mínima básica del viento**

Fuente: Normas Técnicas Código Hondureño de Construcción, CICH



**Figura 25. Ventilación baño**



**Figura 26. Ventila en túnel de viento**

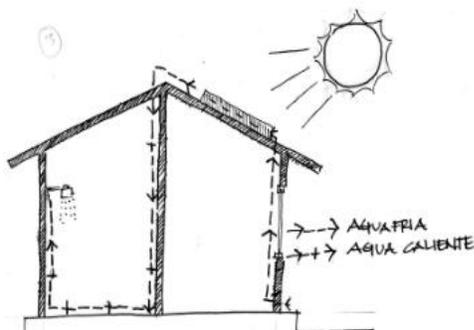
Para ventilar baños en los que no hay posibilidad de instalar ventana al exterior, se recomienda utilizar una rejilla en el cielo falso que tenga conexión con un túnel de viento. Para la entrada de viento al interior del baño, se debe dejar una separación de 1" en la parte inferior de la puerta.

#### 6.4.1.2 Aprovechamiento del sol en techos

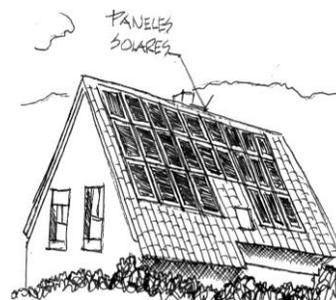


Para aprovechar la luz y la energía procedente del sol por medio de los techos, la energía debe captarse por medio de los paneles solares y la luz por medio de elementos constructivos diseñados para tal fin (tragaluces, chimeneas, ductos solares).

La cubierta de la edificación es el elemento constructivo de mayor exposición al sol, por tal razón tiene un gran potencial de aprovechamiento de los beneficios del sol.



**Figura 27. Panel solar individual**



**Figura 28. Paneles múltiples**

<http://es.images.search.yahoo.com>

La energía del sol puede aprovecharse por medio de paneles solares para calentar agua o convertirse en energía eléctrica para diferentes usos domésticos por ejemplo limpieza de servicios sanitarios y jardinería.



**Figura 29. Vista interior ducto solar**



**Figura 30. Detalle en corte**

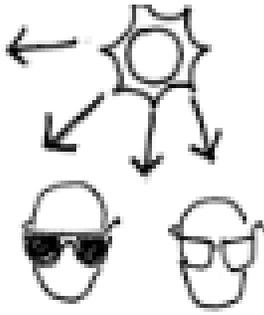
Los ductos solares posibilitan la iluminación por medio de la luz del sol en espacios interiores en que no se puede colocar ventanas, lo cual incide en ahorro energético al evitar el uso de iluminación artificial que requería de electricidad que aumentaría la factura mensual por el número de años de vida útil de las edificaciones.



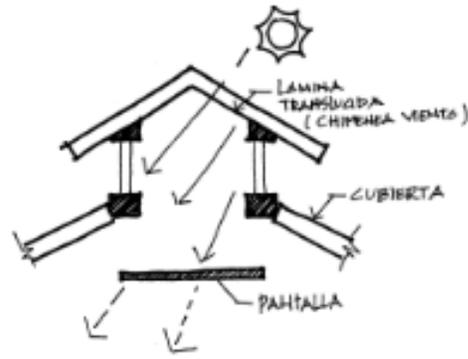
**Figura 31. Chimenea solar**



**Figura 32. Pantalla contra el resplandor**



**Figura 33. Ilustración pantalla solar**



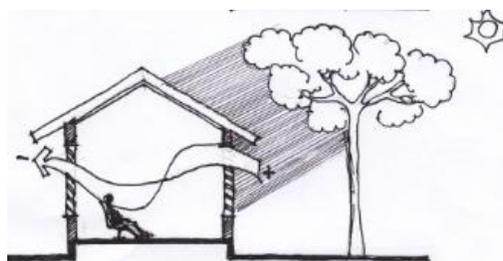
**Figura 34. Detalle en corte**

Los techos pueden aprovecharse para iluminar de forma natural los espacios internos en las edificaciones por medio de chimeneas solares cubiertas con lámina traslúcida, como se muestra en la figura 31,32 y 34. Para evitar el exceso de luz en los ambientes interiores, se colocan las pantallas que reducen el resplandor.

#### 6.4.1.3 Aprovechamiento de la vegetación en techos



Los resultados de aprovechar la vegetación en los techos son múltiples, van desde la reducción de la temperatura con las sombras que producen, lo cual influye en la reducción del consumo energético, la vegetación también contribuye con el incremento de la biodiversidad y funciona como filtro acústico y oxigenación del ambiente.



**Figura 35. Sombra natural proyectada sobre el techo**

La sombra de los árboles debe aprovecharse para evitar las ganancias de calor de los techos y refrescar los espacios interiores. Los techos verdes son una estrategia que

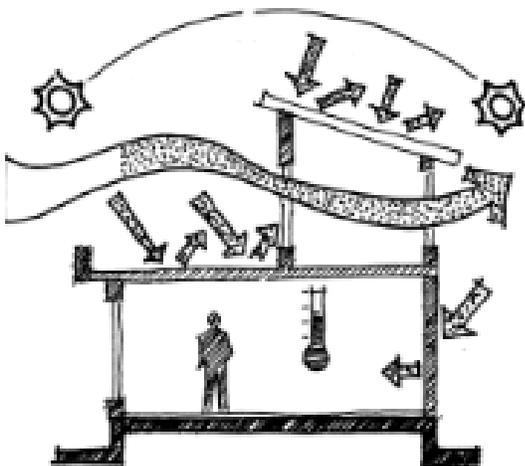
cumple diversidad de funciones en el sentido de reducir las temperaturas tanto al interior de las edificaciones que los contienen como en su entorno.



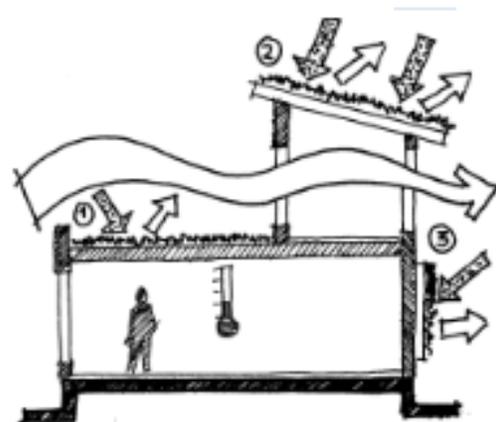
**Figura 36. Techo verde experimental y didáctico**

#### **Ventajas de los techos verdes:**

a) Se duplica de dos a tres veces la durabilidad del impermeabilizante de la losa, b) son un aislante térmico, c) ahorro de energía eléctrica, d) aumento de la biodiversidad, e) reducción del reflejo del calor y la luz, f) reducción de la escorrentía g) reducción de las cúpulas de calor urbano.



**Figura 37. Diseño convencional**



**Figura 38. Diseño con techos verdes**

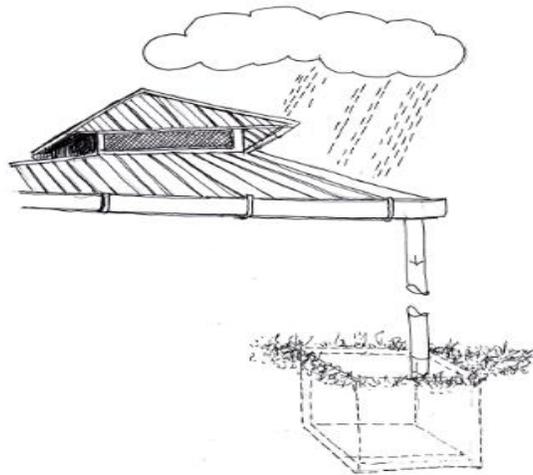
Los techos verdes es uno de los sistemas verdes aplicados a la construcción que pueden instalarse sobre losa de concreto, sobre cubierta metálica y con sistema de

jardinería de pared. En la figura 36 se observa que cuando no hay techos verdes la radiación solar que incide en la losa calienta el viento que entra en forma de calor en las edificaciones a diferencia del techo verde sobre la losa que produce el enfriamiento del viento, lo cual baja la temperatura en los espacios interiores (esto se indica en el termómetro). El mismo efecto se observa con la instalación de paredes verdes.

#### 6.4.1.4 Aprovechamiento de la lluvia en techos



La lluvia puede aprovecharse en los techos cuando se recolecta por medio de los canales perimetrales. El agua captada puede ser utilizada en diversas actividades domésticas tales como limpieza de servicios sanitarios, vehículos, riego de jardines y limpieza en general.



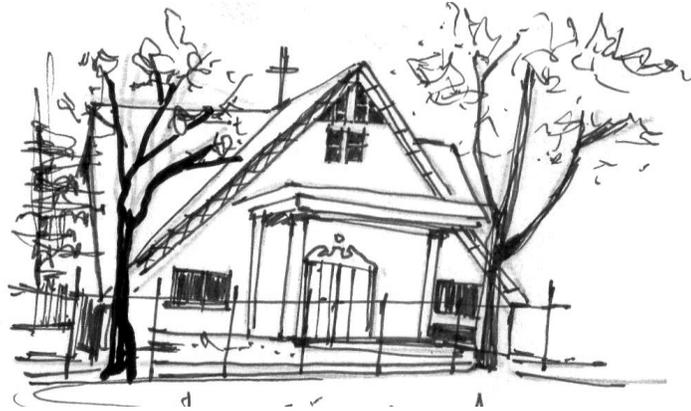
**Figura 39. Captación de aguas lluvias**

#### 6.4.1.5 Protección del sol en techos



Una de las funciones básicas del techo es proteger a los usuarios de la excesiva radiación solar que caracteriza al clima tropical húmedo, por lo tanto es importante que

en la etapa de diseño se consideren medidas que eviten la absorción de calor, algunas de las cuales se sugieren en las figuras siguientes.



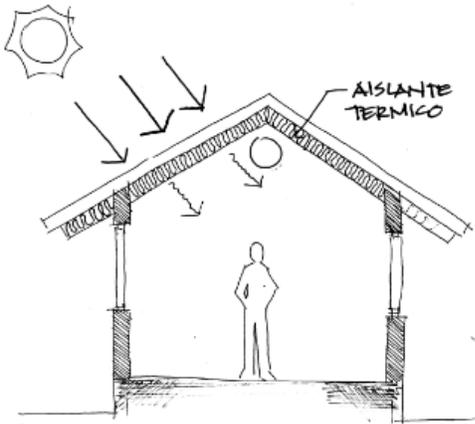
**Figura 40 . Colores claros en las cubiertas**

Se recomienda la utilización de colores claros para las cubiertas de las edificaciones en vista de que reflejan el calor cuando se encuentran bajo la exposición de los rayos solares, los colores oscuros deben evitarse porque absorben el calor y lo transmiten a los ambientes interiores. La tabla 3 muestra los factores de reflexión de algunos colores y materiales ante la exposición de la luz blanca (sol).

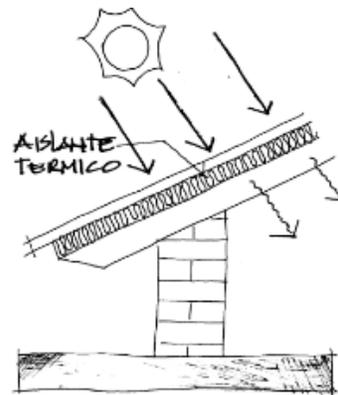
**Tabla 3. Factor de reflexión de los colores iluminados con luz blanca**

COLOR/ MATERIAL	FACTOR DE REFLEXIÓN
Blanco	100
Papel blanco	80 - 85
Marfil, amarillo limón	70 - 75
Amarillo brillante, ocre claro, verde claro, azul pastel, rosa claro, crema	60 - 65
Verde limón, gris pálido, rosa, naranja, gris azulado	50 - 55
Madera clara, azul celeste	40 - 45
Roble, hormigón seco	30 - 35
Rojo oscuro, verde árbol, verde olivo, verde hierba	20 - 25
Azul oscuro, púrpura	10 - 15
Negro	0

Fuente: <http://www.inst.es//Contenidos/Documentación/Texto Online/Guías>



**Figura 41. Aislante térmico**



**Figura 42. Detalle aislante térmico**

El techo es el elemento que más calor genera si no se aísla debidamente. El aislante es una barrera que retarda y reduce el ingreso de calor a los ambientes interiores.

#### 6.4.1.6 Protección de la lluvia en techos



El techo protege a los usuarios de las edificaciones de los efectos de las copiosas y constantes lluvias, por lo tanto deben ser diseñados y construidos tomando en cuenta algunas medidas de seguridad tales como: evitar canales ocultos, deben tener drenajes libres, de fácil mantenimiento y canales amplios de acuerdo al volumen de agua lluvia que captan. Las pendientes acentuadas permiten el rápido escurrimiento de las mismas, por lo que se recomiendan pendientes de 25-30%.



**Figura 43. Aleros amplios**



**Figura 44. Ilustración de de aleros**

Se sugiere el uso de láminas completas para evitar al máximo las juntas por las que se corre el riesgo de que el agua ingrese al interior produciendo su rápido deterioro.

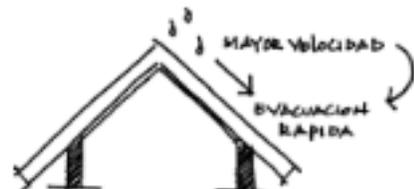
#### 6.4.1.7 Control de la lluvia en techos



La precipitación pluvial en San Pedro Sula es cada vez más alta, lo que produce grandes volúmenes de agua lluvia que demandan acciones de control, algunas de las cuales se recomiendan a continuación para su rápida evacuación y así reducir el riesgo de entrada de agua lluvia a las habitaciones.

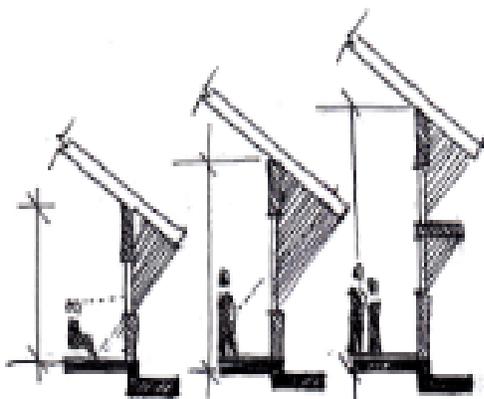


**Figura 45. Pendiente baja**

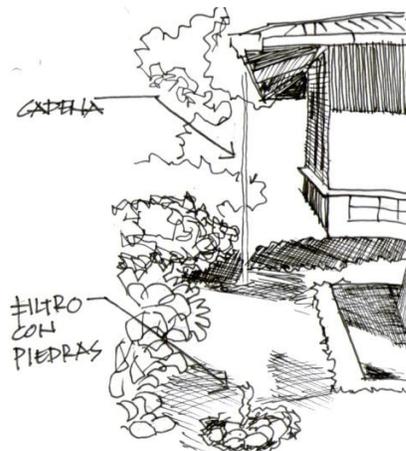


**Figura 46. Pendiente alta**

Las pendientes bajas en techos propician el lento escurrimiento de las aguas lluvias y dan lugar a la entrada de la misma al interior de las edificaciones, Se recomienda pendientes que superen el 25%, dependiendo del tipo de cubierta (especificaciones del fabricante).



**Figura 47. Aleros y Altura de paredes**



**Figura 48. Cadena y sumidero**

La longitud de los aleros debe diseñarse en función de la altura de las paredes que conforman el perímetro de las edificaciones. A mayor altura de la pared, mayor longitud de los aleros. Cuando la pared es muy alta, requiere de aleros en diferentes niveles, como se muestra en la figura 47.

El agua lluvia de los techos puede conducirse hacia el terreno por medio de una cadena que dirige el curso de la misma a un sumidero construido con piedras que facilitan la absorción del agua en el terreno.

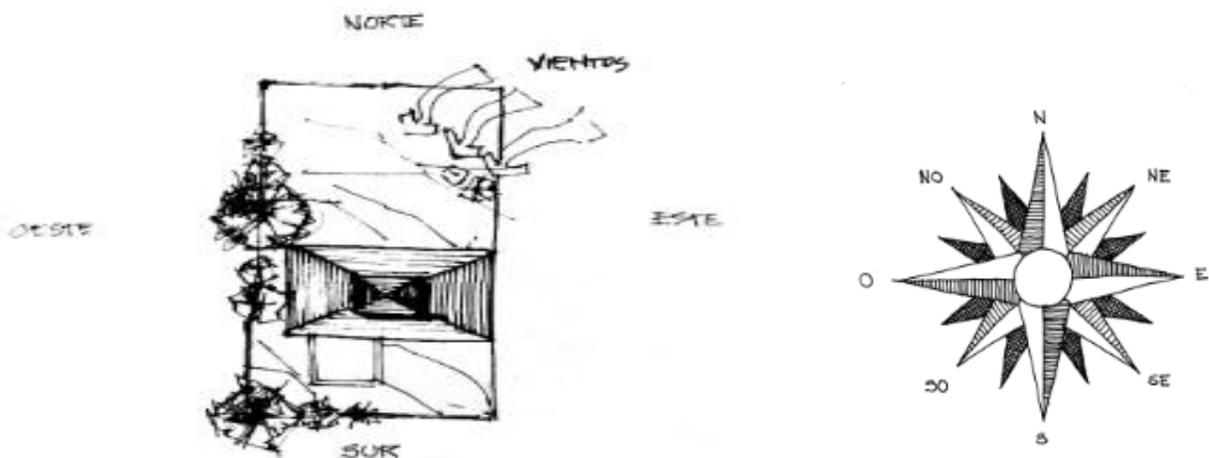
### 6.3.3 ACCIONES QUE SE RECOMIENDA REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN PAREDES

#### 6.3.3.1 Aprovechamiento del viento en paredes



El aprovechamiento del viento en las paredes es uno de los aspectos que más incide en alcanzar el confort térmico de las personas.

Lo primordial es capturar los vientos y propiciar la ventilación cruzada, conforme a las siguientes figuras.

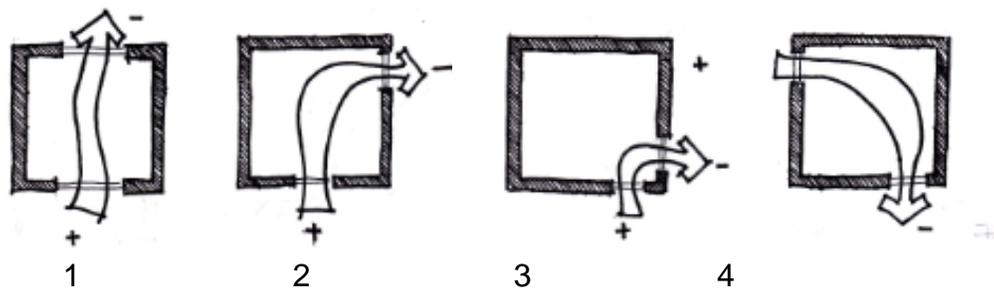


**Figura 49. Vientos predominantes en San Pedro Sula NE**

Al relacionar la figura 49 con la rosa de los vientos, se observa que en San Pedro Sula los vientos predominantes proceden del Noreste, son escasos con calmas constantes y prolongadas, por lo tanto deben aprovecharse al máximo, mediante la adecuada orientación de las edificaciones.

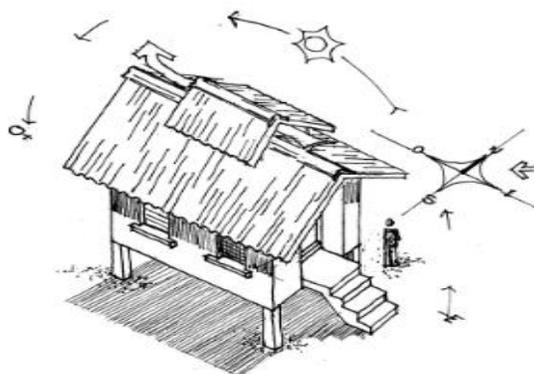
La ventilación cruzada consiste en generar aberturas estratégicamente ubicadas en las edificaciones para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores, considerando la dirección del viento, con el propósito de renovar el aire, extraer la humedad y bacterias para mantener la temperatura adecuada.

Tal como se observa en la figura 49, la ventilación cruzada puede lograrse de diferentes maneras, siendo unas alternativas más eficientes que otras, tal como se puede observar en las ilustraciones siguientes:



**Figura 50-53. Otras opciones de ventilación cruzada**

La ubicación de las ventanas es decisiva para aprovechar al máximo el beneficio del viento. La opción 1 es la más efectiva: una ventana frente a la otra.

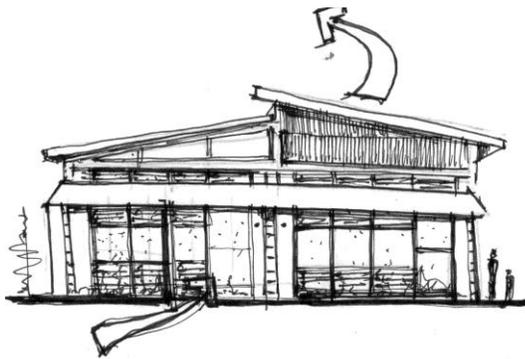


**Figura 54. Orientación conforme a vientos predominantes**

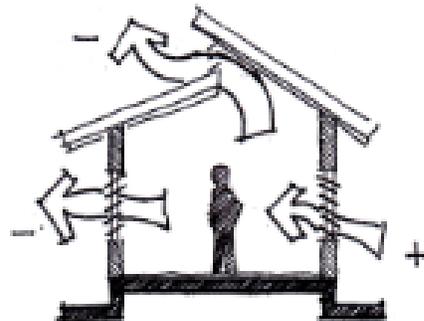
Las ventanas deben ubicarse de ser posible una frente de la otra conforme a la dirección predominante de los vientos para que la ventilación cruzada sea eficiente; debe evitarse al máximo el ingreso de los rayos solares en las habitaciones.

En el trópico húmedo la forma rectangular de las edificaciones es la más conveniente y debe orientarse en dirección Este – Oeste, a fin de que las paredes más expuestas al viento (Norte – Sur) sean las más largas y con el mayor número de ventanas posible.

Las paredes más expuestas al sol (Este – Oeste) deben llevar el menor número de ventanas posible y deben sombreadse en forma natural o artificial para contrarrestar su calentamiento.



**Figura 55. Orientación Este – Oeste**



**Figura 56. Ventilación cruzada**

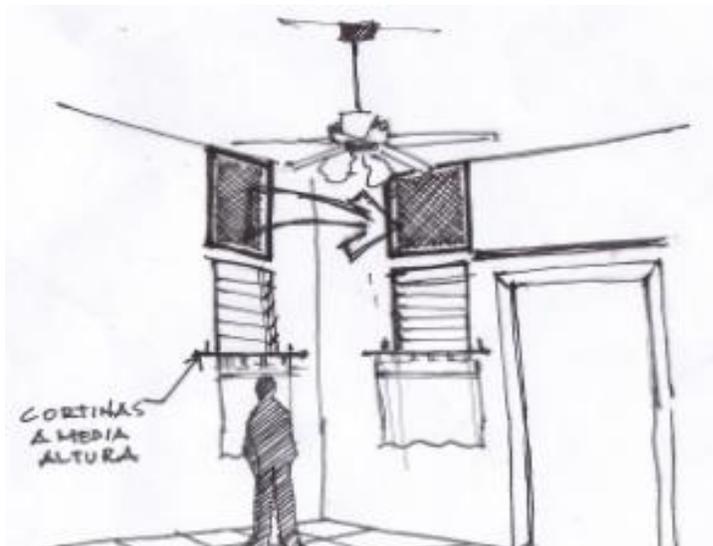
Ventanas permeables al viento, dispuestas de preferiblemente una frente a otra, con orientación Norte - Sur, para facilitar la entrada y salida del viento (presión y succión).



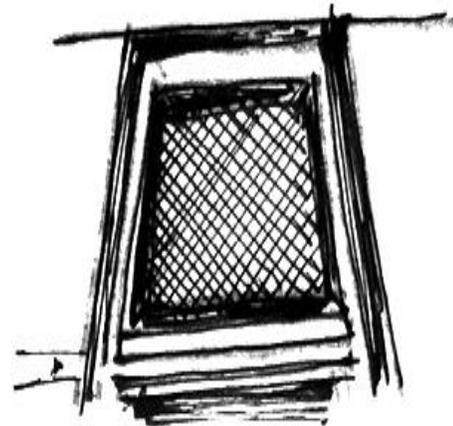
**Figura 57 - 59. Permeabilidad de ventanas controlada según la actividad**

Se recomienda tener la permeabilidad necesaria de acuerdo a la actividad que se desarrolla en los ambientes. La celosía tiene la ventaja de regular la entrada de viento en diferentes niveles y posiciones: Inclínadas, horizontales, según se requiera direccionar el viento. El antepecho es recomendable para evitar la entrada de agua lluvia, roedores e insectos que afectan el bienestar o confort de quienes ocupan las edificaciones.

Cuando se trabaja con papeles que el viento puede hacer volar con facilidad, se recomienda instalar vidrio fijo a la altura de la superficie del escritorio y celosías en las partes alta y baja para que el viento circule y ventile la estancia.



**Figura60. Cortina media altura**



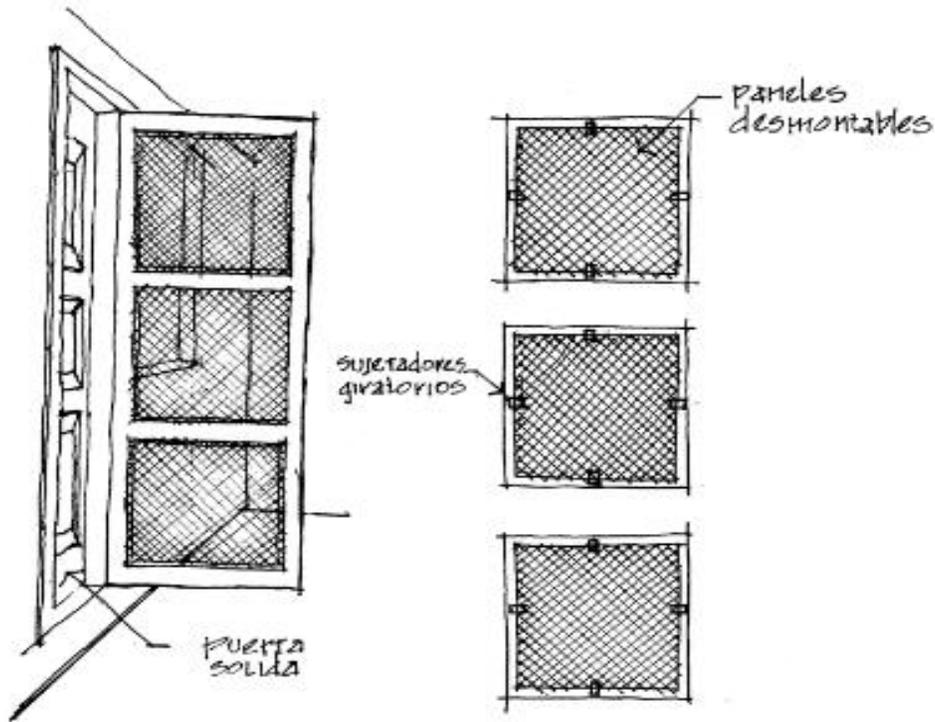
**Figura 61.Ventilación permanente**

Las aberturas de malla desplegada y tela metálica permiten la circulación permanente del viento, La tela metálica debe ser desmontable para facilitar la limpieza y mantenimiento.

Dichas aberturas, pueden ubicarse en la proximidad del cielo falso, con el propósito de facilitar la salida del aire viciado o caliente, que por naturaleza tiende a subir.

La cortina a media altura que se muestra en la figura 60, provee privacidad sin obstaculizar la libre circulación del viento por la parte superior de la ventana. Como en

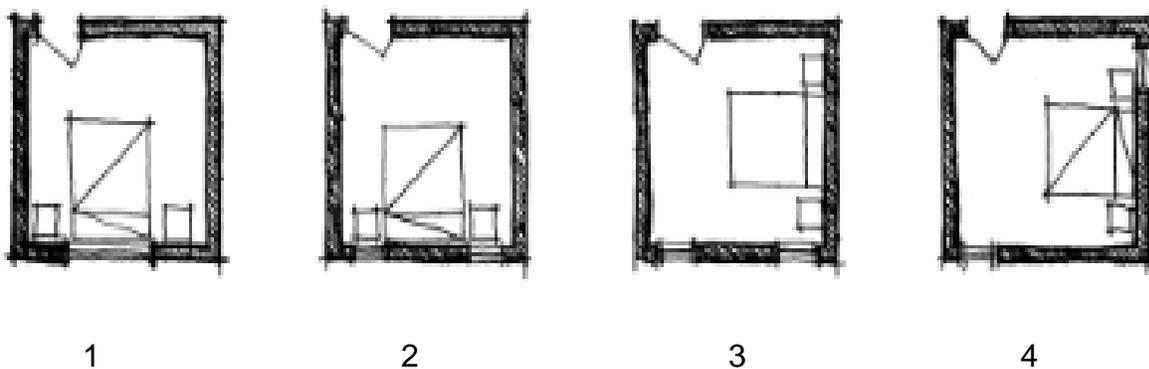
toda ventilación efectiva, la ventilación permanente requiere de una entrada y una salida.



**Figura 62. Doble puerta**

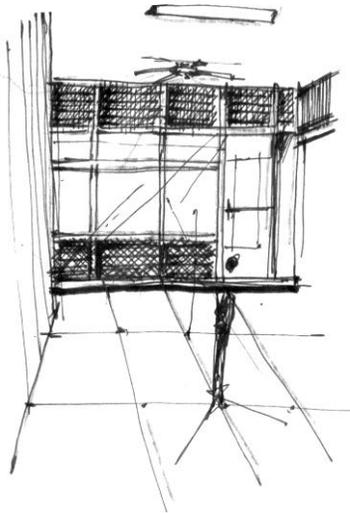
**Figura 63. Tela metálica movable**

La tela metálica reduce del 20 al 30% la velocidad del viento, no obstante en el trópico es saludable porque evita la entrada de insectos y aumenta las posibilidades de ventilación e iluminación naturales de los interiores de las edificaciones.

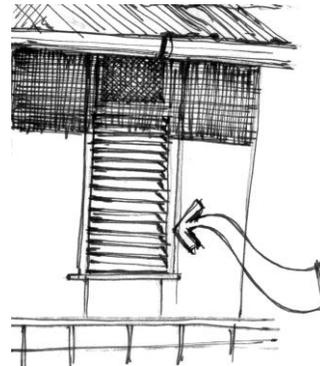


**Figura 64- 67. Disposición de mobiliario en habitaciones**

Por salud en las habitaciones es mejor tener dos ventanas y se debe procurar que la cama no quede debajo de la ventana como sucede con la opción 1.



**Figura 68. Ventilación en varios niveles**

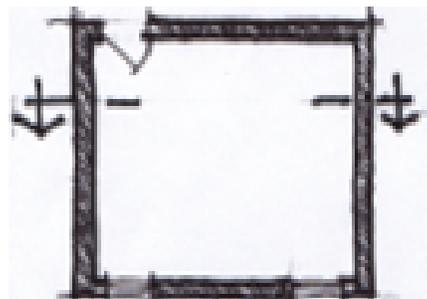


**Figura 69. Permeabilidad**

Se recomienda aprovechar la mayor altura posible para la ubicación de ventanas para la circulación del viento en diferentes niveles, para su mejor aprovechamiento. La celosía es la mejor opción por su alto grado de permeabilidad y ajuste a conveniencia.



**Figura 70. Ventanas angostas**



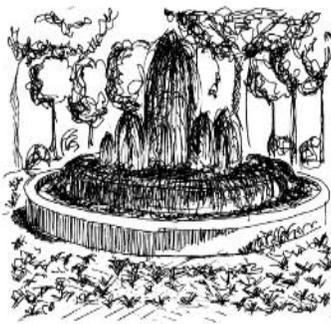
**Figura 71. Planta ventanas angostas**

Dos o más ventanas angostas en lugar de una central en una misma habitación producen una ventilación más eficiente.



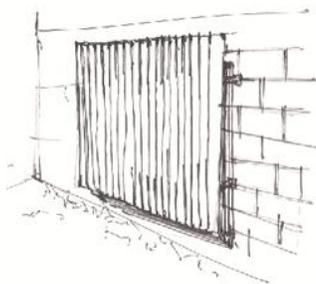
**Figura 72. Cercos y portones permeables**

Cercos y portones permeables permiten el flujo libre del aire hacia la edificación y su entorno. Existe una amplia gama de materiales que pueden utilizarse: Malla desplegada, bloque decorativo y verjas.

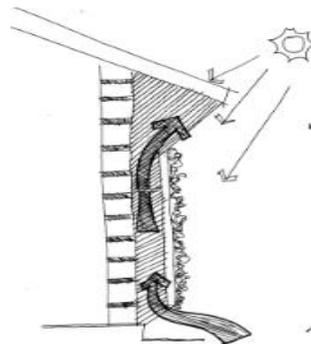


**Figura 73 y 74. Agua y vegetación disminuyen temperatura del viento**

La presencia de cuerpos de agua naturales y las fuentes rodeados de áreas verdes conforme a la dirección del viento, disminuyen la temperatura del viento que entra en los ambientes, proveyendo confort térmico personal.

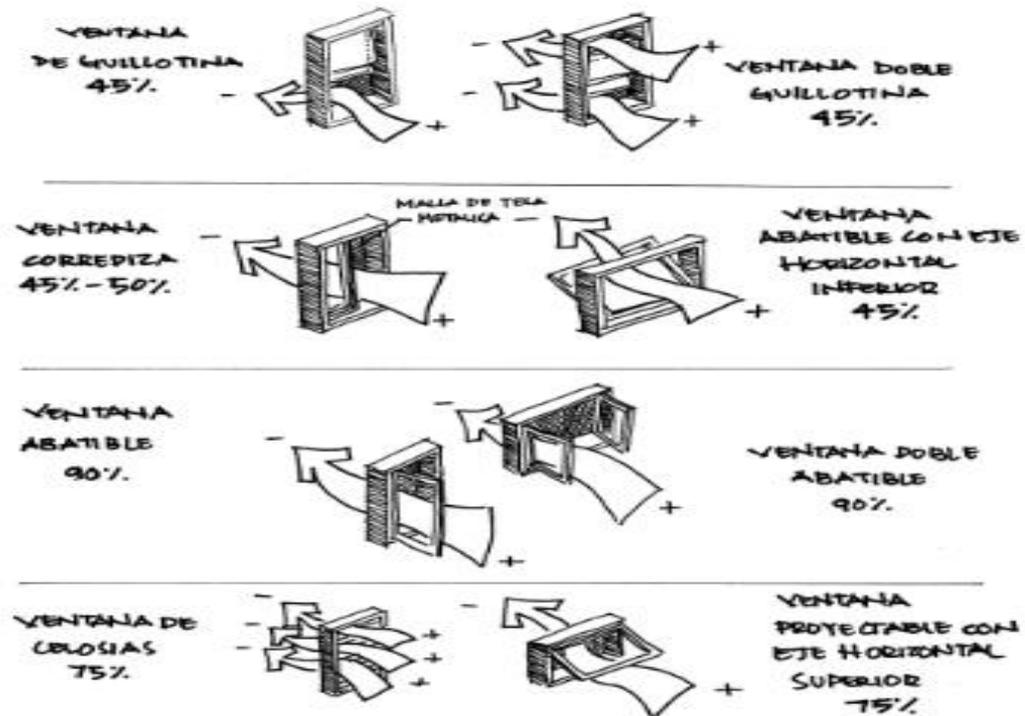


**Figura 75. Pantallas de ventilación**



**Figura 76. Pantalla ventilada**

El viento circula por detrás de las pantallas ventiladas, las que producen sombra que enfría la pared minimizando la entrada de calor en el interior de las

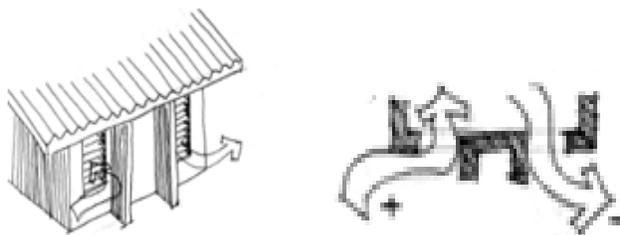


habitaciones

**Figuras 77. Efectividad ventilación natural /modelos de ventana**

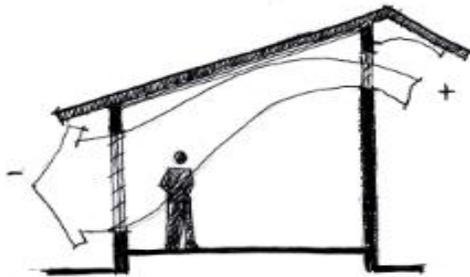
Fuente: [www.efficientwindows.org/orlando\\_c.html](http://www.efficientwindows.org/orlando_c.html)

A los porcentajes indicados en la figura 77, debe restarse entre el 20 y 30% de efectividad por la instalación de la tela metálica que en el trópico húmedo es una necesidad en vista de su permeabilidad al aire y a la luz natural.

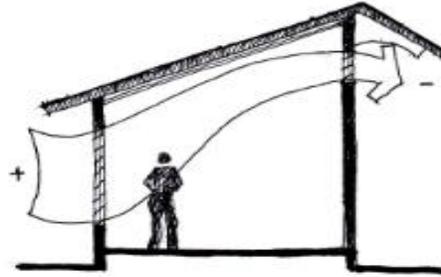


**Figura 78. Parapetos para circulación de viento en una sola pared**

La presencia de parapetos verticales en dos ventanas en un mismo ambiente, direccionan el viento y aumentan la velocidad del mismo internamente. Esto es efectivo si las ventanas están orientadas a 45° en relación a la dirección de los vientos predominantes.



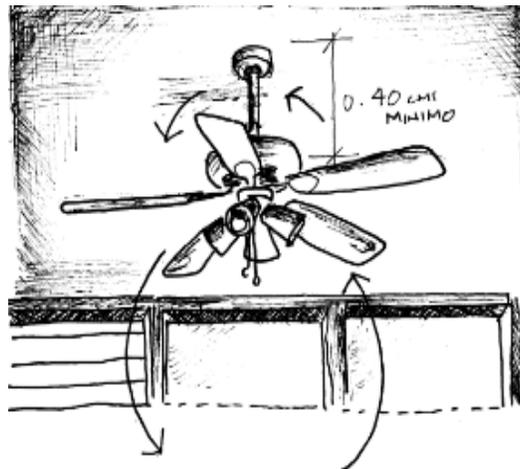
**Figura 79. Entrada pequeña**



**Figura 80. Entrada grande**

En los espacios interiores altos, la estrategia es ubicar ventanas superiores e inferiores que faciliten el efecto Venturi para la ventilación natural de los recintos.

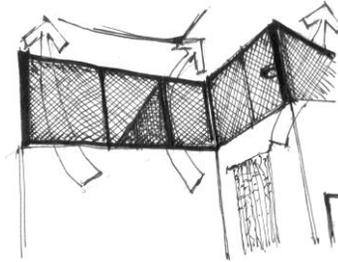
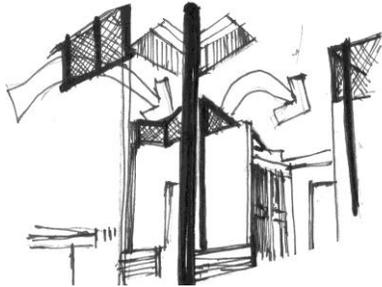
Este fenómeno se produce por los cambios de presiones y temperaturas, donde el aire caliente tiende a subir. Cuando la entrada es pequeña la presión aumenta, cuando es grande, la presión disminuye. Sirve para controlar la ventilación.



**Figura 81. Ventiladores ayudan a mover el viento**

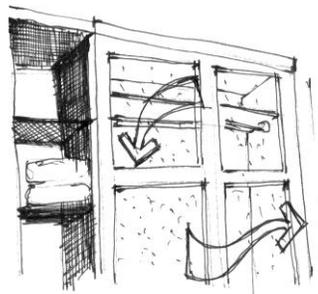
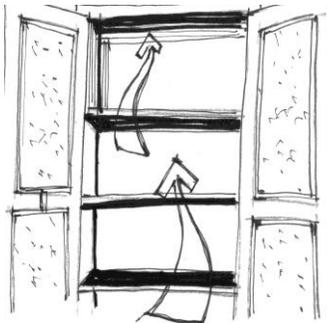
Como complemento de la ventilación cruzada, los ventiladores sirven para mover el viento, el consumo energético es bajo en relación al de los aires acondicionados. Se

sugiere que la separación mínima desde el cielo falso sea de 0.40 m. siendo más eficientes los de techo que los verticales.



**Figura 82. Espacios abiertos**      **Figura 83. Cerramientos permeables**

Espacios interiores sin divisiones facilitan la libre circulación del viento. Las divisiones interiores con la parte alta permeable permiten el flujo del viento en las habitaciones, el calor no se estaciona, el aire es renovado, así los espacios son más saludables.



**Figura 84. Closets ventilados.**      **Figura 85. Repisa malla desplegada**

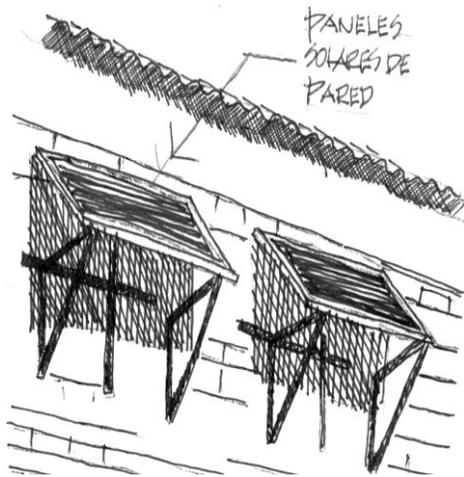
En los closets construidos con elementos permeables, el viento fluye y se evita la formación de hongos y ácaros. Las repisas en closets, cocinas y lavandería con malla desplegada permiten la circulación del viento.

### 6.3.3.2 Aprovechamiento de sol en paredes

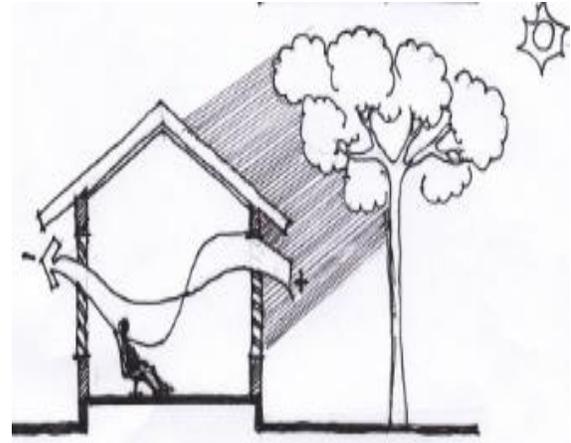


Después del techo, las paredes son el componente constructivo más expuesto a la radiación solar, especialmente cuando están ubicadas en la orientación Sur que reciben

el sol por más tiempo. El sol puede aprovecharse tanto para la captación de energía solar como para la iluminación natural del interior de las edificaciones.



**Figura 86. Paneles en pared**



**Figura 87. Iluminación natural**

Los paneles solares pueden instalarse en paredes apoyados sobre una estructura metálica y en rascacielos como parte integral de la composición de las fachadas. Otras formas en que puede aprovecharse el sol en las paredes son; la exposición de zonas húmedas a la radiación solar.

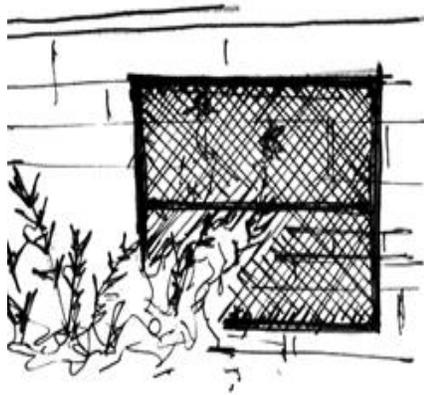
Vestidores y baños deben ubicarse en áreas de soleamiento. El aspecto psicológico de la iluminación es fundamental.

#### 6.3.3.3 Aprovechamiento de la vegetación en paredes

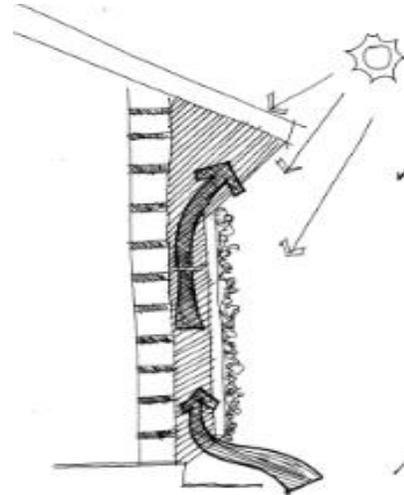


Una de las características del clima tropical húmedo, es la variedad, cantidad y exuberancia de vegetación, situación que debe aprovecharse para alcanzar el confort térmico mediante las sombras que la vegetación proyecta sobre las paredes.

Otras formas de aprovechar la vegetación en paredes de muestran en las figuras siguientes:



**Figura 88. Pared verde frontal**



**Figura 89. Perfil pared verde**

La vegetación sustentada sobre estructuras verticales especiales, reducen el calentamiento de las paredes y su entorno. Las áreas verdes en patios internos de las edificaciones crean sombra y permiten el flujo del viento.



**Figura 90. Pérgolas con vegetación**

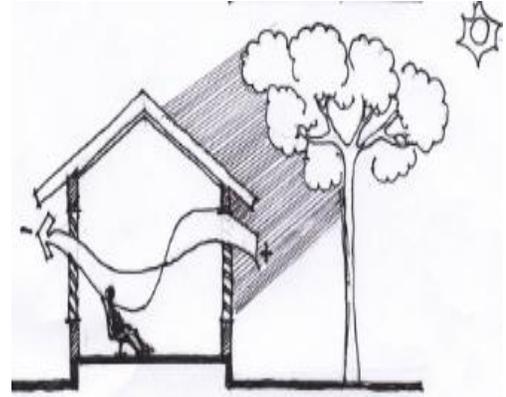


**Figura 91. Pared sombreada**

La vegetación en pérgolas produce sombra sobre las paredes y espacios aledaños, evitando la incidencia directa de los rayos solares sobre las mismas, lo cual evita que el calor ingrese al interior de las edificaciones y refresca el viento exterior.



**Figura 92. Plantas colgantes**



**Figura 93. Sombra natural en pared**

Plantas colgantes reducen la incidencia de los rayos solares en las paredes de las edificaciones y los árboles próximos a las paredes de las edificaciones producen sombra natural que evita las ganancias de calor.

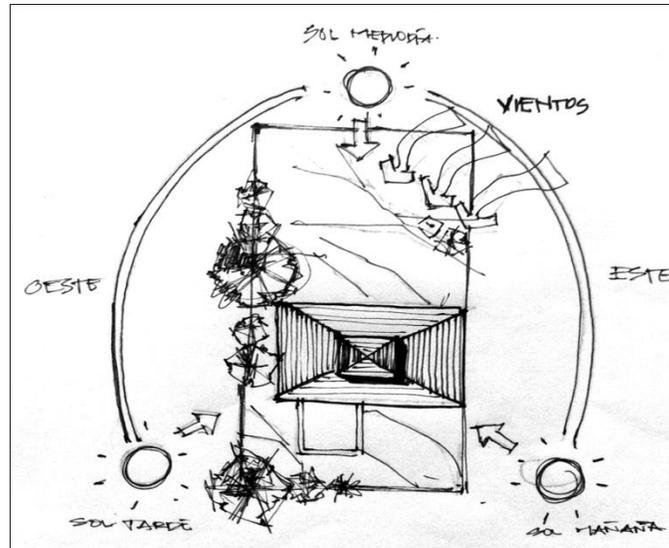
#### 6.3.3.4 Protección del sol en paredes



En el clima tropical húmedo la radiación solar es excesiva, por lo cual es necesario la utilización de estrategias de diseño para proteger las paredes.

Para la ubicación de ventanas debe tomarse en cuenta que al Norte siempre hay sombra, al Este la radiación solar ocurre de 6:00 -10:00 a.m., al Sur de 1:00-6:00 p.m. y al Oeste de 4:00 -6:00 p.m., por lo tanto las paredes que más deben protegerse son las situadas en la fachada Sur de las edificaciones.

La sombra es una estrategia de alto valor, muy apreciada y apetecida en el clima tropical húmedo, porque participa de forma activa en la reducción de temperatura y por tanto en la reducción de consumo de energía eléctrica.



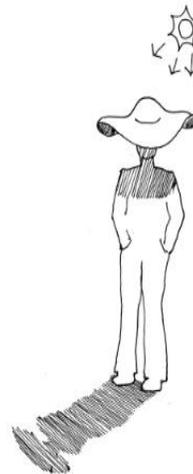
**Figura 94. Orientación de la edificación Este - Oeste**

Para proteger las edificaciones de radiación solar excesiva, en San Pedro Sula es conveniente que las edificaciones tengan forma rectangular y se orienten en dirección Este – Oeste, a fin de que la exposición solar mayor incida en las paredes más cortas.

Las paredes más largas que también son las que cuentan con mayor número y área de ventanas, deben quedar expuestas a los vientos dominantes para lograr la ventilación cruzada que es la estrategia más simple y una de las que mayor confort térmico personal provee.

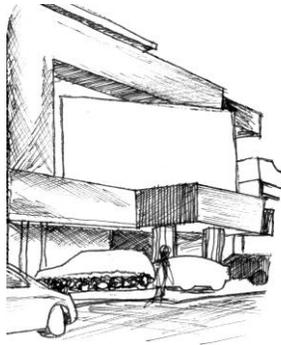


**Figura 95. Aleros amplios**

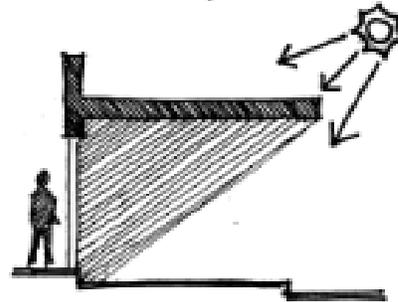


**Figura 96. Ilustración de aleros**

Aleros de entre 1.20 y 1.50 M. de extensión crean sombra sobre las paredes, para reducir la entrada de calor en el interior de las habitaciones



**Figura 97. Voladizo en fachada**

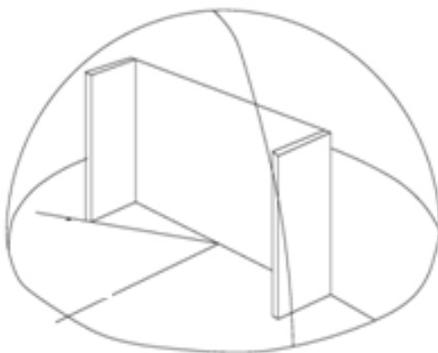


**Figura 98. Voladizo en perfil**

Los voladizos también producen sombra. Los quebra soles pueden ser horizontales y verticales; sólidos y ventilados (lámina expandida) sirven para crear sombra que disminuye el efecto de la radiación solar.

Como puede apreciarse en la figura 99, los quebra soles verticales en San Pedro Sula son útiles para proteger la fachada Este – Oeste.

Los quebrasoles horizontales sobre las ventanas, resultan muy convenientes en la fachada Sur, porque protegen la incidencia de los rayos solares al interior de las habitaciones.



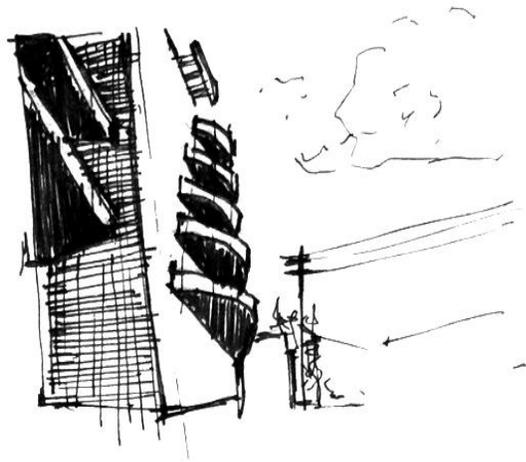
**Figura 99. Quebra sol vertical**

Fuente: Gonzalo G. 2003



**Figura 100. Quebra sol horizontal**

Fuente: Gonzalo G. 2003



**Figura 101. Parapetos horizontales**

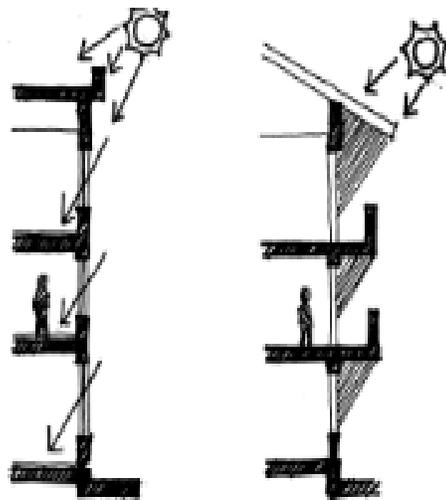


**Figura 102. Parapetos verticales**

Los parapetos también sirven para crear sombras que reduzcan el calentamiento de las edificaciones por la incidencia de los rayos solares en las direcciones Este – Oeste, según la orientación.



**Figura 103. Fachada con volumetría**



**Figura 104. Superficie de fachadas planas  
Versus superficies con volumetría**

La volumetría en fachadas produce sombras que favorecen el enfriamiento de las mismas, lo que reduce la ganancia de calor tanto al interior como al exterior de las edificaciones.



**Figura 105. Corredores**

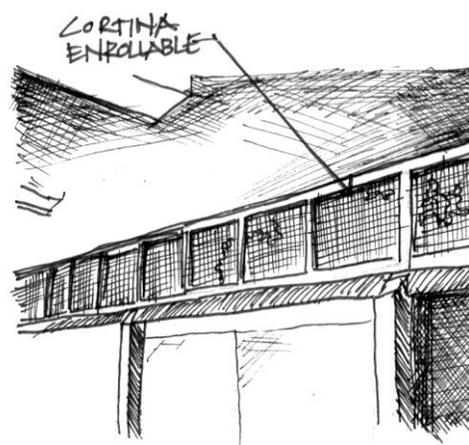


**Figura 106. Porche en casa bananera**

Los corredores además de producir sombra, permiten la circulación del viento alrededor de la edificación, lo que disminuye el impacto de los rayos solares. Los porches son un área de transición entre el exterior e interior de las edificaciones.



**Figura 107. Fachadas Este y Oeste**



**Figura 108. Cortinas enrollables**

Para Las fachadas Este y Oeste deben tener el menor número de ventanas posible, protegidas con cortinas con control para cada módulo de ventana, como se observa en la figura 108, únicamente para alcanzar el grado de iluminación requerido.

Las estructuras textiles sirven para crear sombras ventiladas.



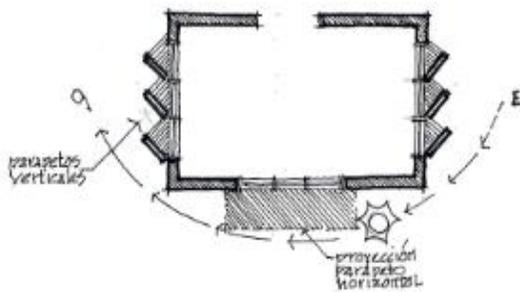
**Figura 109. Sombra ventilada**



**Figura 110. Gran estructura textil**

Los acabados textiles, flexibles, perforados crean sombra y permiten la ventilación.

Si bien es cierto para evitar las ganancias de calor se recomienda aplicar colores claros en superficies de paredes y techos; en el caso de los toldos para sombras, es preferible utilizar colores oscuros.



**Figura 111. Parapetos inclinados**



**Figura 112. Balance viento y sol**

Una manera efectiva de proteger las ventanas ubicadas en el Este –Oeste, es por medio de parapetos horizontales ubicados sobre las ventanas y uno vertical, inclinado a 45° hacia el Sur.

La situación ideal para orientar las edificaciones, es encontrar un equilibrio entre la dirección de los vientos predominantes y el recorrido del sol; en caso de conflicto se debe decidir orientar conforme a la dirección del viento, porque la sombra se puede resolver de las maneras que han sido indicadas.

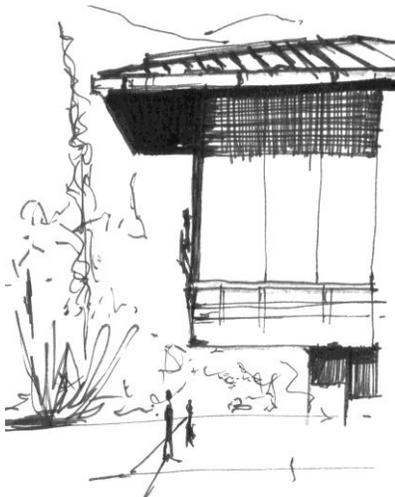
#### 6.4.2.5 Protección de la lluvia en paredes



Las paredes son una de las cuatro partes básicas de las edificaciones que permanentemente se ven expuestas al azote de las lluvias, por lo que en la etapa de diseño y construcción deben preverse estrategias para protegerlas y evitar el rápido deterioro que produce la humedad.

Existe tres tipos básicos de humedad: a) La humedad directa producida por las lluvias, b) La humedad producida por capilaridad y c) La humedad ambiental, los que se evitan o combaten con las estrategias que se presentan a continuación:

Entre las estrategias para evitar la humedad directa en el trópico húmedo tenemos: Aleros amplios para proteger paredes, repellos exteriores con cemento, canales de aguas lluvias con capacidad adecuada, cunetas superficiales.



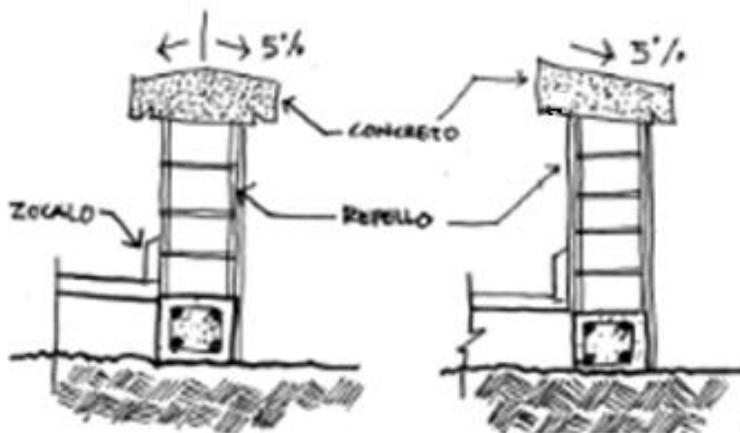
**Figura 113. Canal de aguas lluvias**



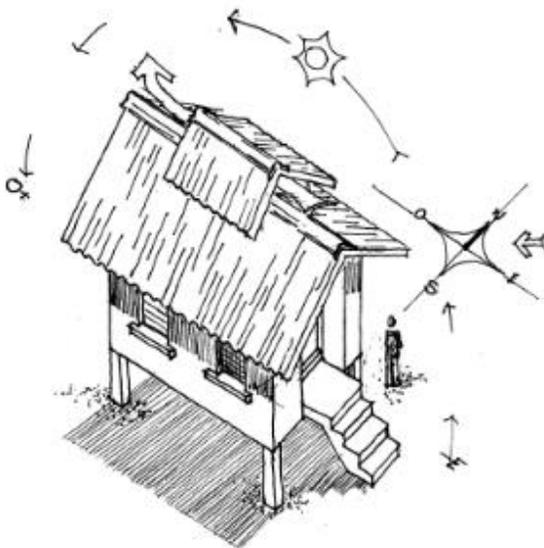
**Figura 114. Cadena conducción aguas lluvias**

La instalación de canales con una cadena de conducción del agua a los sumideros evita que las paredes se salpiquen lo que daría como consecuencia el deterioro de sus acabados finales.

Para contribuir a aumentar la vida útil de las paredes y como parte del mantenimiento, el agua lluvia debe ser incorporada al terreno siempre y cuando éste sea arenoso y tenga la capacidad de absorción requerida, caso contrario, se debe conectar al drenaje urbano de la ciudad. Otras maneras de proteger las paredes de los efectos de la lluvia son aleros, capotes y corta lágrimas, según se observa en las figuras 115 a 117.



**Figura 115. Corta lágrimas en muros**



**Figura 116. Aleros**



**Figura 117. Capotes sobre muro**

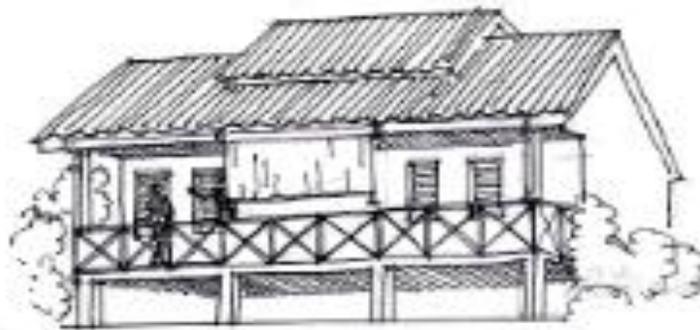
Se recomienda que las construcciones expuestas a las lluvias sean recubiertas con repello de cemento para evitar la humedad y posterior deterioro.

#### 6.4.2.6 Control del sol en paredes



Debido a las excesivas temperaturas que caracterizan al clima tropical húmedo, lo que se debe evitar al máximo es la incidencia de radiación solar en las paredes.

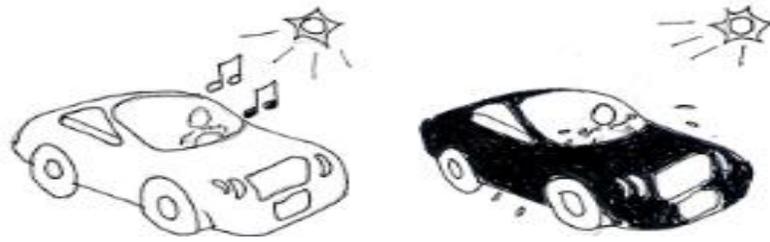
Es importante captar la cantidad de luz requerida por medio de las ventanas, para lo cual se sugiere el uso de dispositivos móviles y regulables que se adapten a las diferentes situaciones. Se recomienda a la industria el diseño de celosías de formas y tamaños variados, quiebrasoles móviles, rejillas de ventilación fija, toldos, cortinas y herrería.



**Figura 118. Toldos enrollables en fachadas**

Los toldos son una buena opción para crear sombra temporal, parcial o total, cuando están modulados la cantidad de área sombreada puede regularse al gusto.

Otra forma de controlar el sol en las paredes aplicar colores claros y tonalidades pastel, de preferencia el color blanco, en las áreas de mayor incidencia solar para evitar la absorción de calor.



**Figura 119. Ilustración del efecto del color**

### 6.4.3 ACCIONES A REALIZAR CON EL VIENTO, SOL, LLUVIA Y VEGETACIÓN EN PISOS

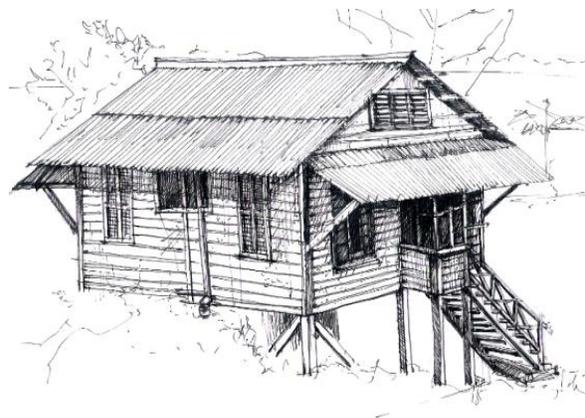
#### 6.4.3.1 Aprovechamiento del viento en pisos



En forma natural el viento frío circula por las superficies más bajas y sube cuando está caliente, por lo cual los pisos ubicados sobre pilotes o columnas pueden servir para facilitar la ventilación de las edificaciones al introducir mediante los pisos el viento frío y evacuarlo caliente por medio de las chimeneas de ventilación, una vez que ha cumplido su función de refrescar las habitaciones.



**Figura 120. Ventilación por el piso.**



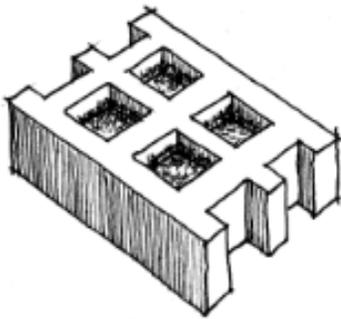
**Figura 121 Casa bananera**

Cuando el nivel de piso de la edificación queda levantado, la ventilación de los espacios interiores es mejor que cuando éstos están a nivel del terreno.

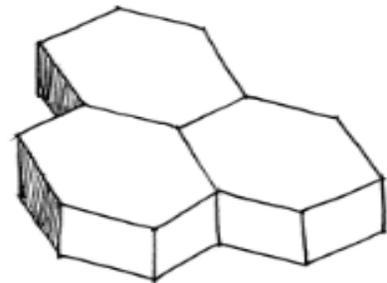
### 6.4.3.2 Aprovechamiento de la lluvia en pisos



Se considera que el agua lluvia es bien aprovechada en pisos, cuando en la medida de lo posible se propicia su absorción en el suelo o la captación mediante la implementación de medidas y estrategias que eviten el sellado y consecuente escorrentía, tales como los siguientes:



**Figura 122. Adoquín ecológico**



**Figura 123. Adoquín convencional**

Los pisos construidos con diversos tipos de adoquines, permiten la infiltración del agua lluvia en el subsuelo, lo cual contribuye a la recarga de aguas subterráneas (acuíferos). En las zonas tropicales húmedas, los pisos exteriores no deben ser lisos.

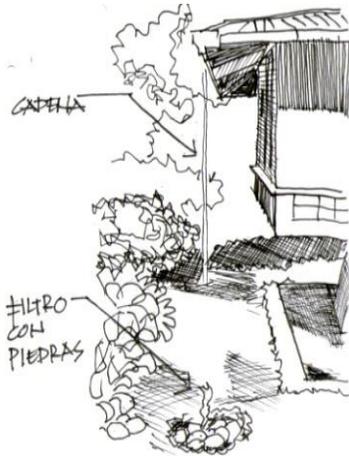


**Figura 124. Huellas permeables**

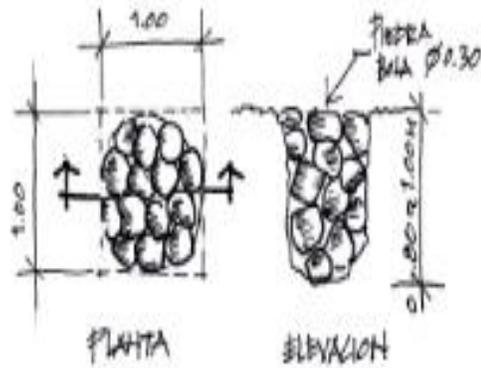


**Figura 125. Juntas engramadas**

Juntas permeables amplias en áreas de circulación facilitan la absorción del agua lluvia en el terreno, lo que también contribuye a recargar las aguas subterráneas.



**Figura 126. Sumidero aguas lluvias**



**Figura 127. Detalle sumidero**

Los sumideros son filtros hechos con piedra bola de río, ubicados en los patios, que facilitan la absorción de las aguas lluvias.



**Figura 128. Captación de aguas lluvias**



**Figura 129. Riego áreas verdes**

La captación de aguas lluvias es importante por dos razones principales: a) El uso racional del agua tratada por la municipalidad al usarla en actividades domésticas como la limpieza de los servicios sanitarios y b) el riego de jardines, que crecen con mayor facilidad con aguas lluvias que con aguas tratadas.

#### 6.4.3.3 Aprovechamiento de la vegetación en pisos



La vegetación puede aprovecharse en los pisos de diferentes maneras tales como la sombra que producen y al cubrir con ellas (cobertores) las áreas exteriores y reducir las temperaturas.

Cuando los pisos exteriores son recubiertos con vegetación se permite la absorción del agua lluvia para la recarga de acuíferos que sirven para suministrar aproximadamente el 50% del agua potable de San Pedro Sula.

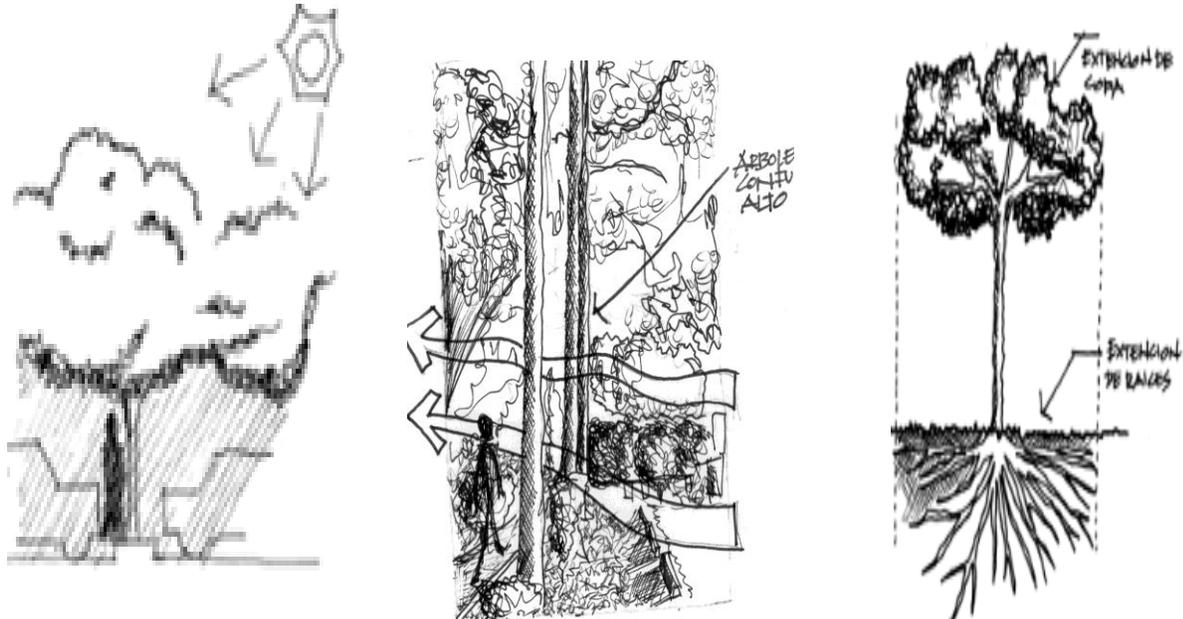


**Figura 130. Canopy**



**Figura 131. Engramados**

La copa de los árboles altos forma un techo que produce sombra sobre los pisos, reduce la temperatura, el impacto de calor y produce microclimas y confort térmico para el peatón.



**Figura 132-133 Fuste alto**

**Figura 134. Tamaño de las raíces**

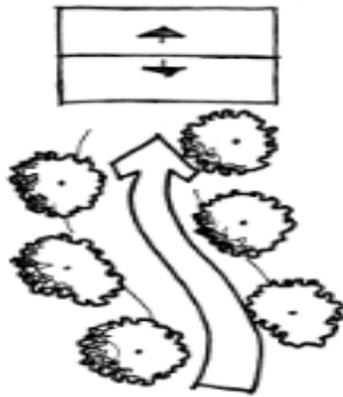
El fuste es la parte inferior del tallo de los árboles que carece de ramas.

La arborización en estacionamientos reduce la temperatura del entorno y permite el ahorro de combustible en los vehículos, puesto que evita la evaporación del mismo, producido por las altas temperaturas.

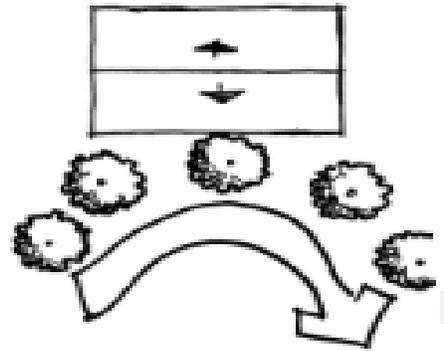
Los árboles de fuste alto permiten la circulación del viento y la sombra a nivel de los peatones, lo cual es importante, por el grado de confort que el viento produce.

Antes de decidir por las especies vegetativas a sembrar, es importante saber que el tamaño de las raíces de las mismas es igual al de su copa, por lo tanto no deben sembrarse árboles de copa grande cerca de las edificaciones.

Existen especies arbóreas como el árbol llamado Limba, la cual cuenta con fuste alto y follaje frondoso que pueden sembrarse relativamente cerca de las edificaciones.



**Figura 135 Aprovechamiento de vegetación**



**Figura 136. Bloqueo al paso viento**

La vegetación también puede bloquear la ventilación si se ubica en forma inadecuada, en relación a las actividades que se realizan en el interior de las edificaciones, como se muestra en la figura 136.

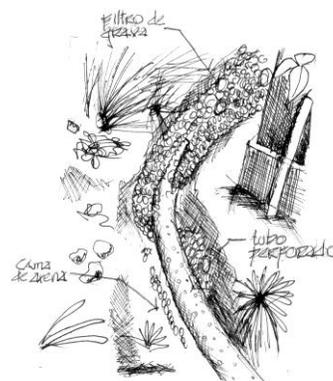
#### 6.4.3.4 Protección de la lluvia en pisos



En vista de que la lluvia es la principal causa de humedad en los pisos, se hace necesario tomar medidas de protección para evitar las consecuencias que esto produce en las edificaciones. En las figuras subsiguientes se muestra algunas de estas medidas:



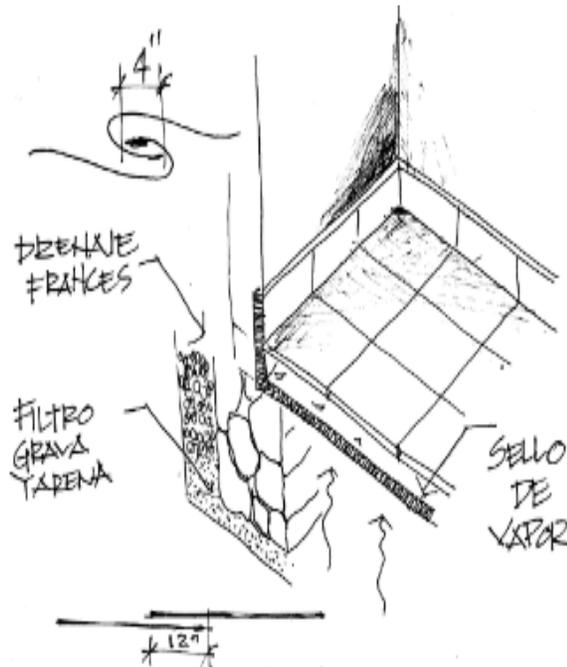
**Figura 137. Cuneta de agua lluvias**



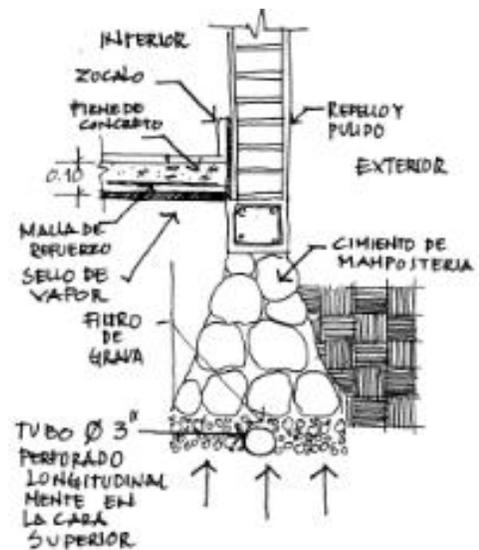
**Figura 138. Drenaje Francés**

Las cunetas y canales de aguas lluvias evacúan en forma rápida las aguas lluvias excedentes que no son absorbidas por los suelos permeables.

El drenaje francés permite una rápida absorción del agua lluvia subterránea, retirándola de la edificación y canalizándola hacia un lugar conveniente.



**Figura 139. Sello de vapor**



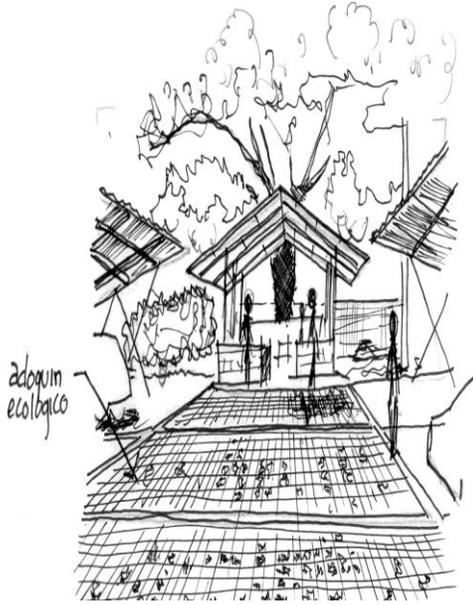
**Figura 140. Drenaje francés y sello de vapor**

El sello de vapor, es una capa impermeable de material plástico flexible, con traslapes longitudinal y transversal de 12” y 4” respectivamente, instalado antes del fundir el firme de concreto en el piso, que sirve para protegerse de la humedad por capilaridad.

#### 6.4.3.5 Control del sol en pisos



La selección adecuada de acabados para pisos exteriores, permite controlar la temperatura, disminuyen el reflejo de los rayos solares y mejoran la temperatura del entorno.



**Figura 141. Adoquín ecológico**



**Figura 142. Jardines engramados**

Los pavimentos con adoquín ecológico ayudan a contrarrestar el recalentamiento y favorecen la recarga de acuíferos.

#### 6.4.4. ACCIONES QUE SE RECOMIENDA REALIZAR CON LA LLUVIA EN ANCLAJES

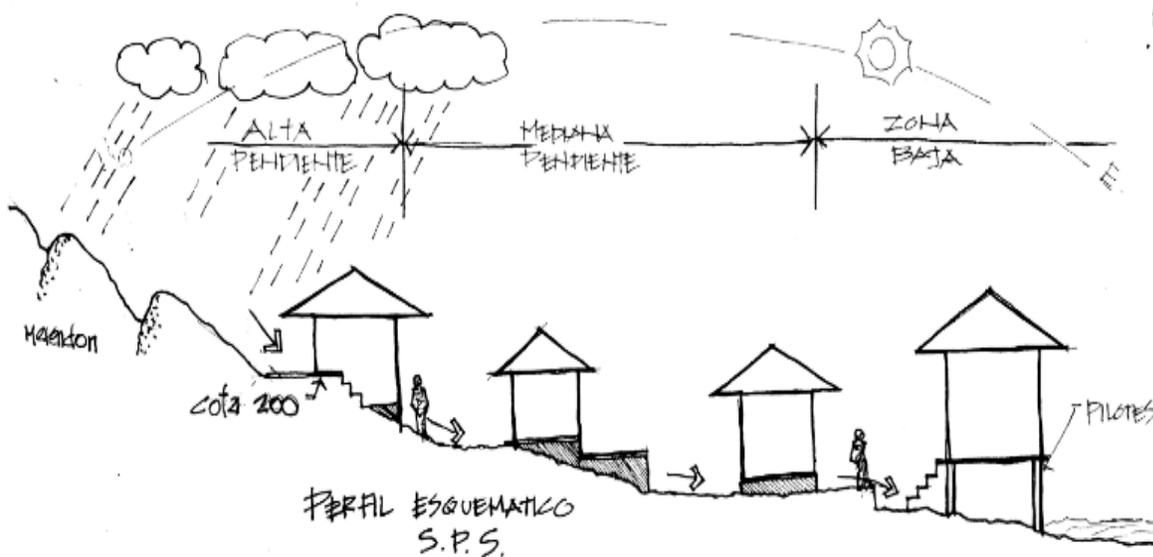
##### 6.4.4.1 Protección de la lluvia en anclajes



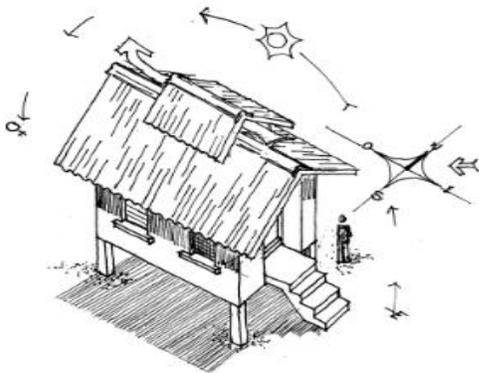
El perfil topográfico de la ciudad de San Pedro Sula está definido por tres sectores a) alta pendiente en las faldas del Merendón (Oeste), b) mediana pendiente conformado por el centro y colonias aledañas y c) zonas bajas, constituidas por las colonias enlistadas en el anexo 1, ubicadas en el Este.

La ciudad drena de Oeste a Este. Las fuertes y constantes lluvias que caen, producen inundaciones en las zonas bajas, para lo cual se recomienda la utilización de varios tipos de cimentación, que van desde cimentación escalonada sobre el terreno natural en las partes altas, hasta las edificaciones sobre pilotes de acuerdo a la cota de inundación variable según la zona.

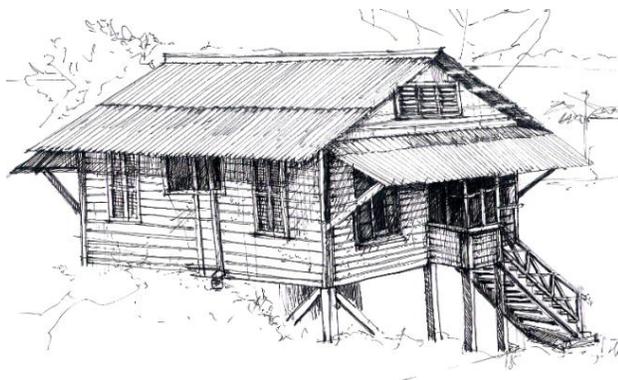
Algunos bancos de nivel pueden observarse en el mapa 3 del anexo 7.



**Figura 143. Perfil topográfico esquemático de San Pedro Sula**



**Figura 144. Casa sobre pilotes**



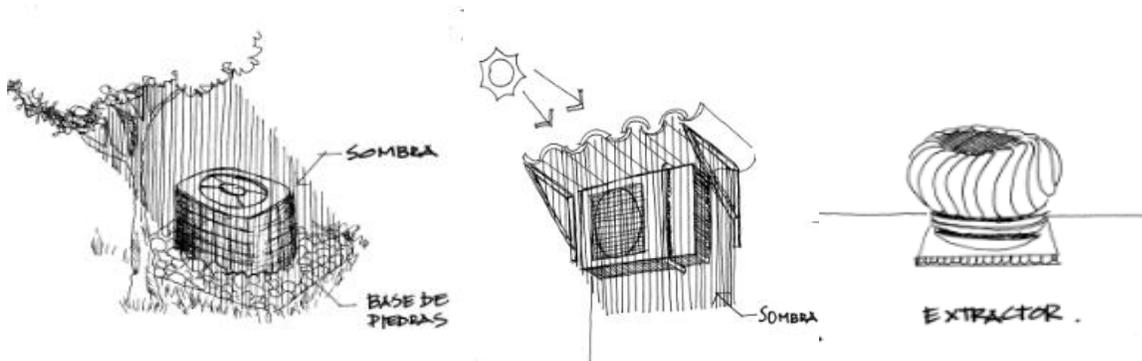
**Figura 145. Casa bananera**

La cimentación a base de pilotes se recomienda en las zonas bajas inundables de la ciudad de San Pedro Sula. El nivel de piso se debe planificar tomando en cuenta las cotas de inundaciones críticas anteriores.

La altura de los pilotes es variable según la zona y va de 0.50 a 3.00m libre, en este caso la parte baja puede aprovecharse para ventilación y usos sociales o garaje cuando no hay inundación.

## 6.4 CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE AIRES ACONDICIONADOS EN CASOS ESPECIALES.

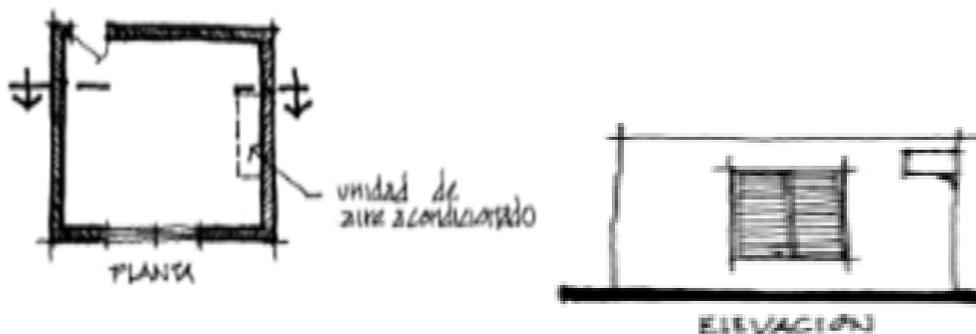
En el diseño bioclimático tropical el uso de aires acondicionados debe evitarse en la medida de lo posible, no obstante en los casos especiales en que se requiera, se proporciona las siguientes recomendaciones para reducir el consumo energético de los mismos:



**Figuras 146-147 Aires acondicionados**      **Figura 148. Extractor aire caliente**

El condensador exterior del aire acondicionado puede ubicarse sobre una cama de piedras, en la sombra y preferiblemente rodeado de plantas.

Para reducir el consumo de energía eléctrica, se recomienda colocar los aires acondicionados al Norte y Este, bajo los aleros de las edificaciones. El uso de extractores es conveniente a fin de expulsar el aire caliente, sin incurrir en mayor costo de energía eléctrica.



**Figura 149 y150. Instalación aire acondicionado en planta y corte.**

Tal como se muestra en las figuras 149 y 150, para un mejor desempeño del aire acondicionado se recomienda que la unidad evaporadora se instale en el sentido largo del espacio interno para que la climatización sea uniforme.

### 6.6 CHECKLIST RESUMEN VISUAL

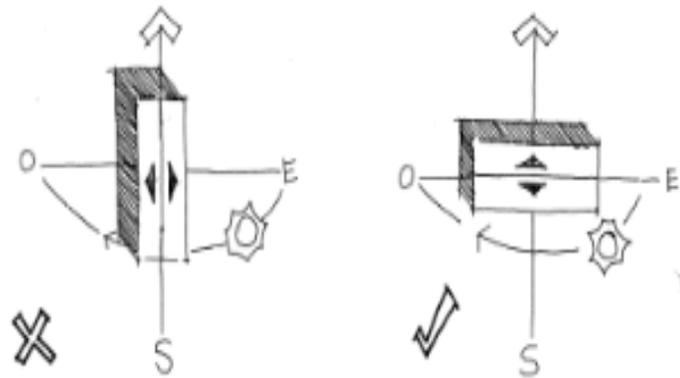


Figura 151. Orientación según el movimiento del sol

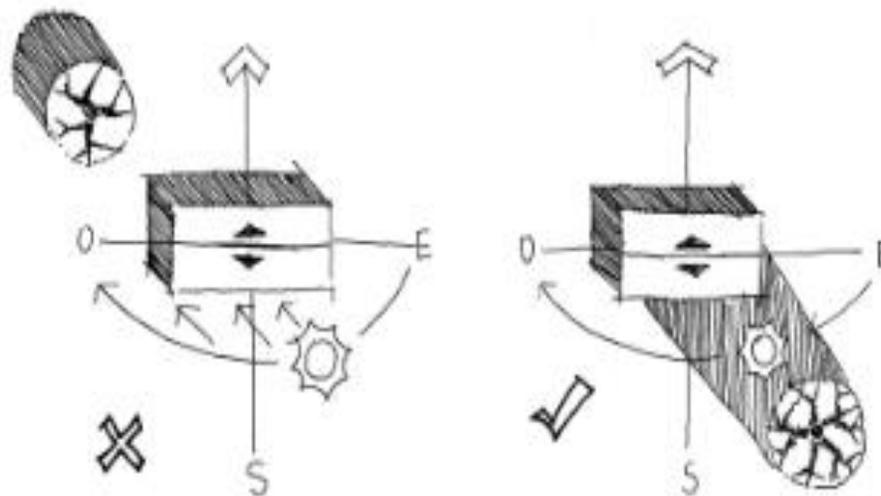


Figura 152. Ubicación de árboles que proyectan sombra

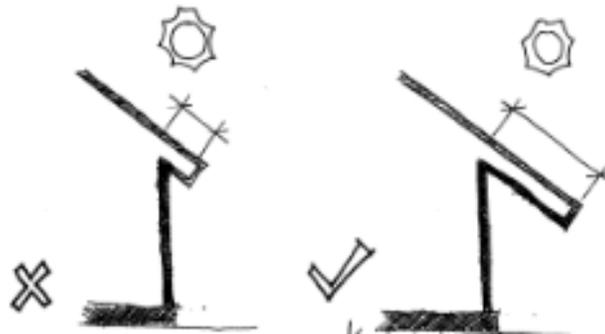


Figura 153. Tamaño adecuado de aleros (entre 1.20 y 1.50m)

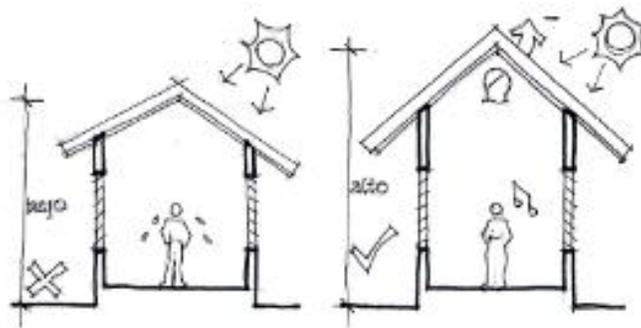


Figura 154. Altura de piso a cielo falso

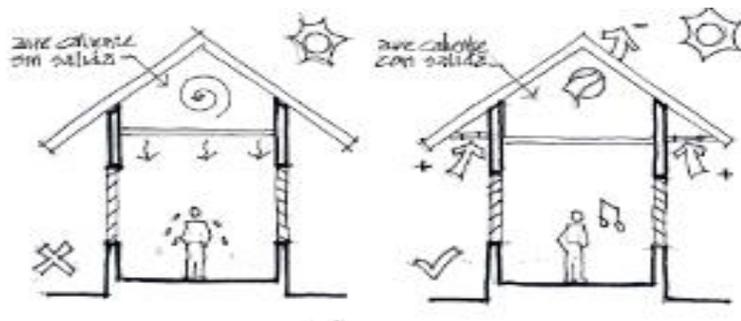


Figura 155. Evacuación de aire caliente entre cielo falso y techo

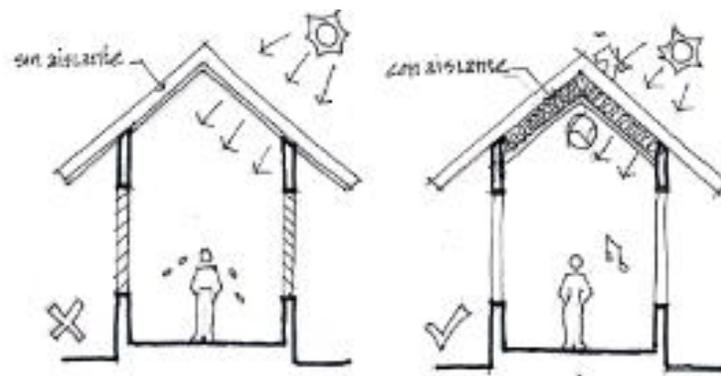


Figura 156. Aislamiento térmico en techos

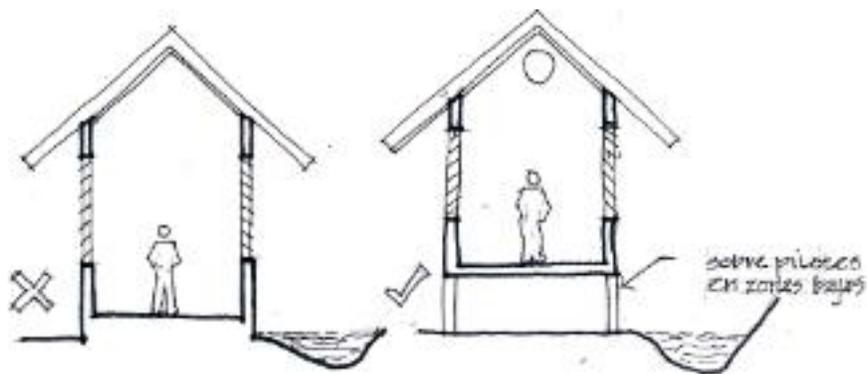


Figura 157. Nivel de piso adecuado en zonas bajas (inundables)

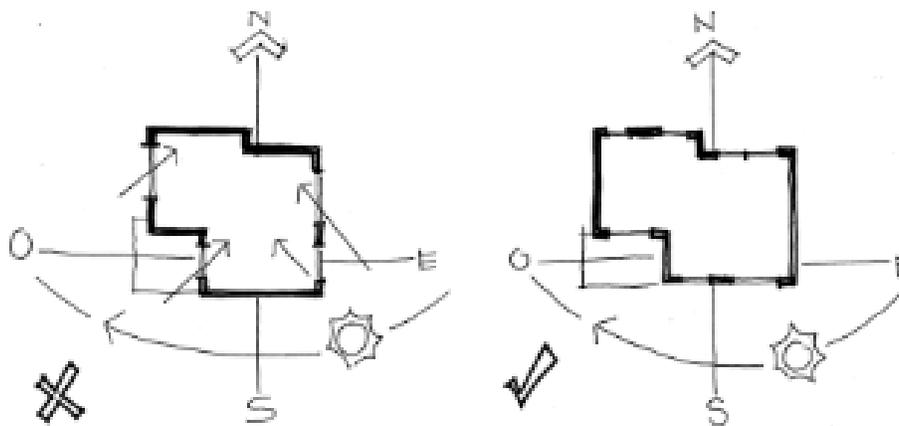


Figura 158. Ubicación de ventanas según el recorrido del sol

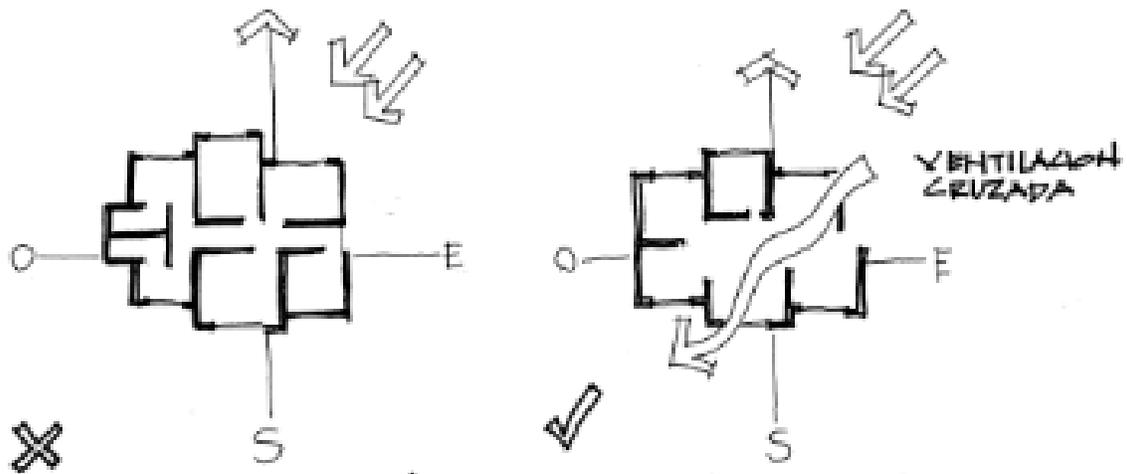


Figura 159. Disposición de divisiones interiores

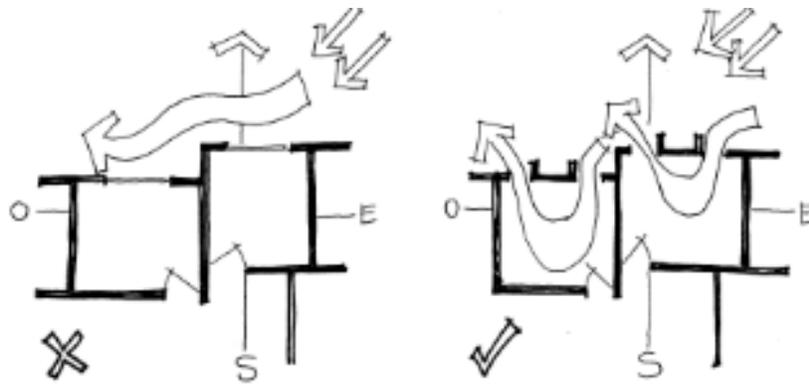


Figura 160. Ventilación cruzada en una sola pared

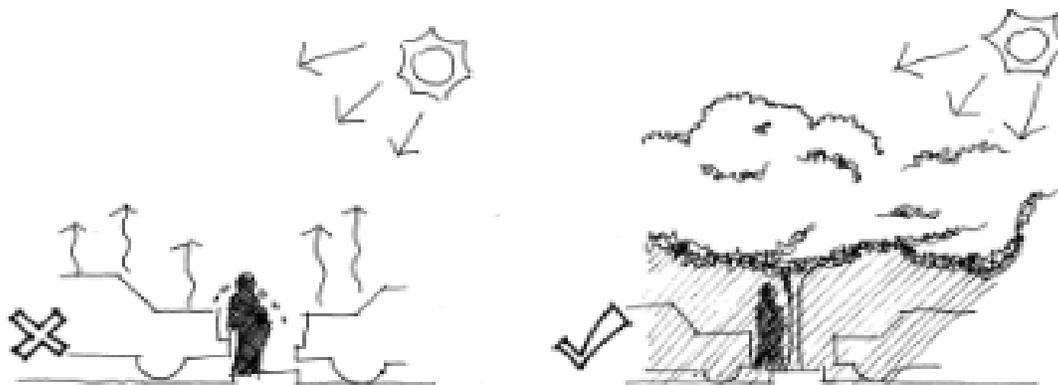


Figura 161. Arborización en estacionamientos

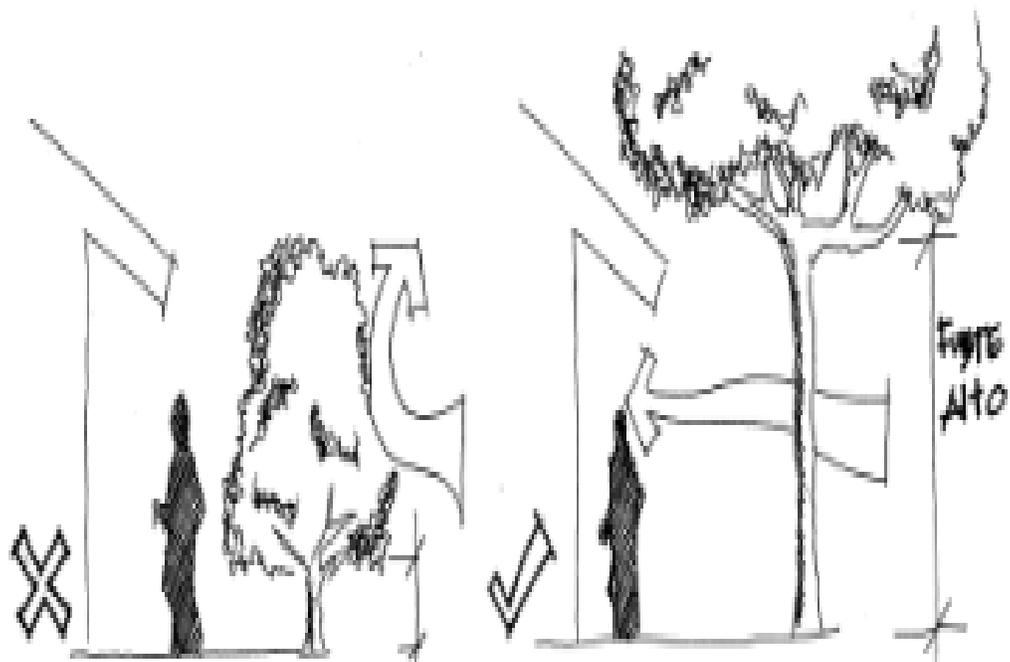


Figura 162. Ventilación a nivel peatonal

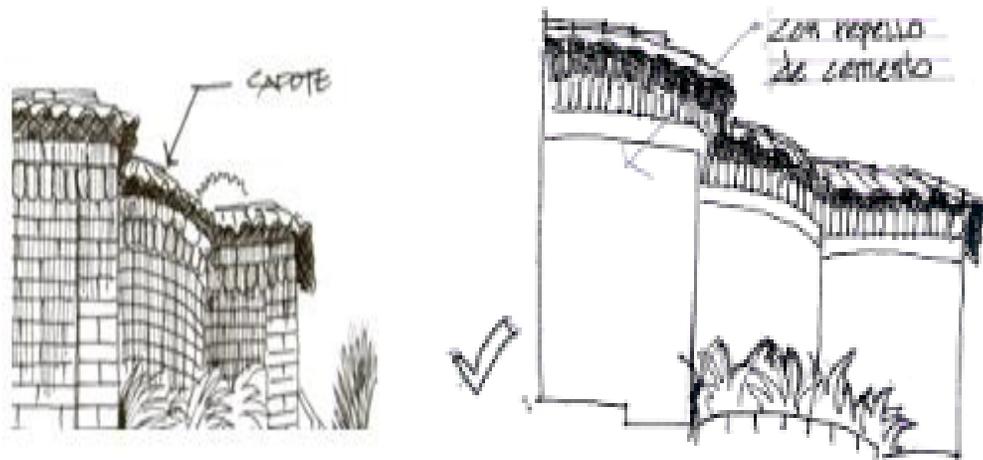
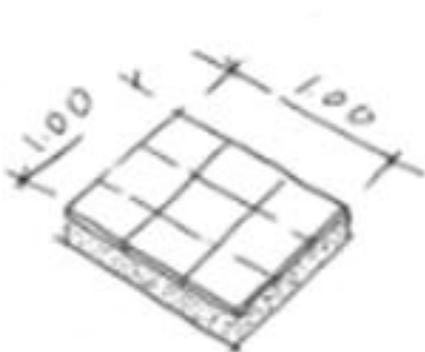


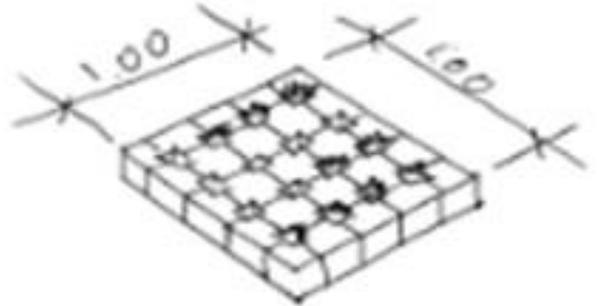
Figura 163. Repello para protección de paredes

## 6.7. CÁLCULO DE COSTOS DIRECTOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON DISEÑO CONVENCIONAL Y CON DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO.

### 6.7.1. FIRME DE CONCRETO REVISTIDO CON CERÁMICA (1) Y ADOQUÍN ECOLÓGICO (2) COMO ALTERNATIVA PARA PATIOS.



1



2

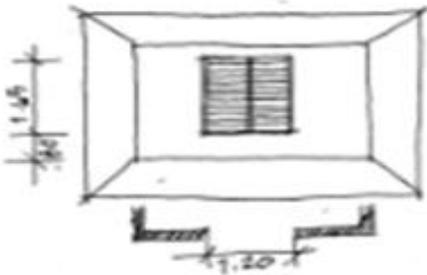
#### 6.7.1.1 Firme de concreto revestido cerámica (1 m<sup>2</sup>)

N°	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe
<b>1</b>	<b>Aceras</b>		<b>m2</b>		<b>L.260.00</b>
	Remoción de capa vegetal	<b>Global</b>		<b>5.00</b>	<b>L.5.00</b>
	Concreto (0.10m.)	1.00	m2	260.00	L.173.00
	M/O	1.00	m2	87.00	L.87.00
<b>2</b>	<b>Cerámica</b>	<b>1.00</b>	<b>m2</b>	<b>250.00</b>	<b>215.00</b>
	Pegamento	0.50	bolsa	180.00	90.00
	Grout	0.30	bolsa	150.00	45.00
	M/O	1.00	m2	80.00	80.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>L.480.00</b>

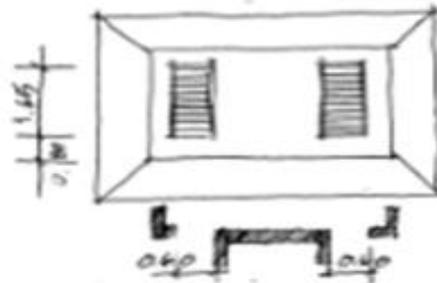
6.7.1.2 Adoquín ecológico (1m2)

N°	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe
<b>1</b>	<b>Pavimento permeable</b>				<b>191.33</b>
	Adoquín ecológico	1.00	m2	126.33	126.33
	Colchón de arena	0.075	m3	420.00	31.50
	tierra de abono	0.15	m3	200.00	13.50
<b>2</b>	<b>Gramá</b>	1.00	m2	25.00	20.00
	<b>M/O</b>				<b>210.00</b>
	Remoción de capa vegetal	Global	m2	5	5.00
	Instalación de Adoquines	1.00	m2	60.00	60.00
	Instalación de tierra de abono	1.00	m2	10.00	10.00
	Instalación de grama	100	m2	30.00	30.00
	<b>GRAN TOTAL</b>				<b>L.401.33.</b>
	<b>COSTODIRECTO</b>				

6.7.2. VENTANA CENTRAL DE 1.20 X1.65 m Y DOS VENTANAS DE 0.60X1.65 m



1



2

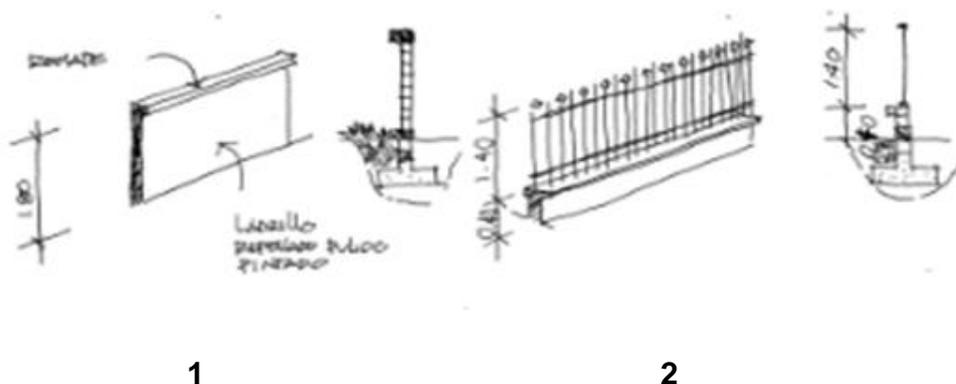
6.7.2.1 Ventana central de 1.20 x 1.65 m

<b>N°</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe</b>
1	Ventana de celosía de 1.20 x1.65m	1	U	2,040.0	2,040.00
2	Repello de moquetas	5.70	MI	100.00	570.00
3	Tallado de Mochetas	5.70	MI	50.00	285.00
4	Batientes	2.30	MI	150.00	345.00
5	Cargadores	2.30	MI	235.00	540.50
6	Jambas de 0.10x 0.15	4.90	MI	150.00	735.00
<b>GRAN TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>4,515.50.</b>

6.7.2.2 Dos ventanas de 0.60x 1.65m en una misma pared

<b>N°</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe</b>
1	Ventanas de celosía de 0.60x 1,65m	2	U	1,020.00	2,040.00
2	Repello de moquetas	9.00	MI	100.00	900.00
3	Tallado de moquetas	9.00	MI	50.00	450.00
4	Batientes	1.80	MI	150.00	270.00
5	Cargadores	1.80	MI	235.00	423.00
6	Jambas de 0.10x0.15	9.80	MI	150.00	1,470.00
<b>GRAN TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>5,553.00</b>

6.7.3. MURO PERIMETRAL CON DISEÑO CONVENCIONAL: DE 1.80M DE ALTURA, SÓLIDO DE LADRILLO RAFÓN (1) Y CON DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO: MURO BAJO (0.40M) Y VERJA METÁLICA) (2)



6.7.3.1 Muro perimetral con diseño convencional: de 1.80m altura, de ladrillo rafón

N°	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe
1	Excavación	0.36	m3	150.00	54.00
2	Cimentación de mampostería	1.00	MI	360.00	360.00
3	Solera inferior	1.00	MI	280.00	280.00
4	Pared ladrillo rafón	1.80	m2	320.00	576.00
5	Repello y pulido	3.60	m2	110.00	396.00
6	Remate de 0.20x0.10	1.00	MI	240.00	240.00
7	Pintura	3.60	m2	60.00	216.00
GRAN TOTAL COSTO DIRECTO					L.2,122.00

### 6.7.3.2 Muro Perimetral con diseño tropical bioclimático: Permeable

N°	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe
1	Excavación	0.36	m3	150.00	54.00
2	Cimentación de mampostería	1.00	ml	360.00	360.00
3	Solera inferior	1.00	ml	280.00	280.00
4	Pared de ladrillo rafón (0.40m)	0.40	ml	320.00	128.00
5	Repello y pulido	0.90	m2	110.00	99.00
6	Remate de 0.20x0.10	1.00	ml	240.00	240.00
7	Pintura	0.80	m2	60.00	48.00
8	Verja con tubo redondo y varilla lisa de 3/8(1.40 alto)	1.00	ml	700.00	700.00
<b>GRAN TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>L.1,909.00</b>

6.7.4 RESUMEN COMPARATIVO ENTRE EL COSTO DIRECTO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON DISEÑO CONVENCIONAL Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO.

Concepto convencional	Costo	Concepto bioclimático	Costo	Diferencial
Áreas exteriores con firme de concreto y cerámica	L.480.00	Áreas exteriores con adoquín ecológico	L.401.33.	<b>16.4%( +)</b>
Una ventana central de 2.00x 1.65	L.4, 515.50.	Dos ventanas de 0.60x 1.65	L.5,513.00	23% ( - )
Muro exterior sólido de ladrillo repellido	L.2,122.00	Muro permeable con muro bajo y verja metálica	L.1,909.00	<b>11%( +)</b>

### 6.7.5 CONCLUSIÓN

Como puede apreciarse en el cálculo de costos directos los de tres elementos constructivos con diseño tropical bioclimático y con diseño convencional, tomados al

azar, el diferencial en cada caso es mínimo y variable, **en general podría afirmarse que el costo del proyecto en ambos enfoques de diseño tiende a equilibrarse al sumar los costos directos de dichos elementos constructivos.**

No obstante lo anterior, es importante tomar en cuenta que la mayor parte del confort térmico personal en las edificaciones proviene del diseño: Buena orientación, ventilación cruzada, suficiente sombra y demás beneficios provenientes de la vegetación, lo cual no representa mayores costos adicionales.

Según expertos como Baruch Givony, el 80% de los problemas se resuelve en la etapa del diseño. **Ambos diseños por naturaleza son diferentes, por lo tanto, se perdería la objetividad al pretender compararlos en el aspecto económico de la construcción,** cuando es evidente y se ha demostrado que la ventaja no sólo económica sino también de confort térmico y calidad de vida de la arquitectura tropical bioclimática es superior y sostenible durante toda la vida útil de las edificaciones.

**La arquitectura tropical bioclimática** toma en cuenta otros factores intrínsecos del ser humano y el ambiente, tales como los culturales, sociales, riesgo, salud física mental y emocional, todo lo cual tiene relación directa con la productividad y desarrollo humano.

**Por lo que se concluye que no es cuestión de costos de construcción lo que define la diferencia en ambos enfoques de diseño.**

## BIBLIOGRAFÍA

1. Brown G. Sol, Luz y Viento. Estrategias para el Diseño Arquitectónico. (Primera Edición) México: Trillas.
2. Castellanos M (1997). Arquitectura Bioclimática: Guía de Diseño. España: Servicios de Publicaciones de la Universidad de Navarra.
3. CCAD/SICA (2010). Estrategia Regional de Cambio Climático. Documento Ejecutivo. El Salvador. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
4. Coder R. (1996). Beneficios identificados de los árboles en una comunidad y bosques. USA: Universidad de Georgia. Instituto de Arquitectura Tropical.
5. Duque (2010). La Arquitectura Climática y el Cambio Climático. España: Universidad de la Rioja. Real Instituto Elcano de estudios Internacionales y Estratégicos
6. Emmanuel (2005) An Urban Approach to Climate Design. Sensitive Design Strategies for tropics. USA. Spon Press.
7. Falcón A. (2007) Espacios Verdes para una ciudad sostenible: Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. (Primera Edición) España: Gustavo Gili Editores
8. Givoni B. (1998) Climate Considerations in Building and Urban Design. (Primera Edición) USA-JOHN WILEY&SONS, INC
9. Givony B. (2007). Passive and Low Energy Cooling of Buildings. USA. JOHN WILEY&SONS, INC.
10. Gonzalo G. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática. Argentina: Editorial NOBUKO.
11. Higuera E.(2010) Urbanismo Bioclimático. Barcelona. Editorial Gustavo Gili (Primera Edición)
12. INE XXXVIII Encuesta permanente de Hogares Mayo, 2009
13. Lacomba (2004). Las Casas Vivas. México: Trillas.
14. Lengen (2008) Barefoot Architect. USA. Publishers Group West
15. Méndez (2010). Criterios de Diseño Bioclimático para la vivienda urbana en clima Tropical Húmedo de San Pedro Sula. Honduras: Tesis realizada en Techos Verdes.

16. MSPS (2003). Guía Ambiental de Construcción. Municipalidad de San Pedro Sula. (Primera Edición) Honduras: Experco Internacional
17. MSPS (2004) Breviario Estadístico. Departamento de Investigación y Estadística Municipal de San Pedro Sula.
18. Navas, E. (2011). Compendio de Legislación Ambiental. Honduras.
19. Olgyay V. (2002). Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. (Tercera Edición). España: Editorial Gustavo Gili.
20. Reglamento de la obtención de permisos de Construcción en la Municipalidad de San Pedro Sula. Honduras.
21. Rodríguez, V. (2006). Introducción a la Arquitectura Bioclimática. México: Limusa
22. Sampieri, C., Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (Quinta Edición). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
23. Schiller, S., Martín, J., (2008). Desarrollo Urbano Sostenible: Guía para ciudades calientes húmedas. Argentina: IAT, Editorial on Line.
24. Schemelkes, C. y N. (2010). Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis). (Tercera Edición). México. Oxford University Press.
25. SERNA (2002). Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la construcción. Honduras.
26. Sisniega (2006). Arquitectura Bioclimática: Una visión de edificación de la arquitectura sostenible. Costa Rica: Instituto de Arquitectura Tropical (IAT)
27. Stassano (1997). Adobe, Madera y Ladrillo en la Arquitectura de San Pedro Sula. Honduras: Editorial Transamérica.
28. UICN (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. Costa Rica. Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe.
29. Visión de País 2010 2038
30. Zeví, B (1976). Saber ver la Arquitectura. Barcelona: Poseidón.
- 31. Oficinas públicas y privadas que brindaron información:**
  - Aguas de San Pedro
  - Centro Nacional de Información y Documentación de Gestión de Riesgos CENID- G de R, Comité Permanente de Contingencias (COPECO), Tegucigalpa.
  - Departamento de meteorología de la Dirección de Aeronáutica Civil, Tegucigalpa

- Dirección de Investigación Estadística Municipal DIEM.
- Dirección de Investigación Municipal Ambiental MSPS.
- Dirección de Parques y bulevares MSPS.
- Dirección de Planificación Urbana MSPS.
- Estación Meteorológica La Mesa (MHML), San Pedro Sula.
- Oficina principal en Tegucigalpa y Regional noroccidental en San Pedro de la ENEE.
- Superintendencia de participación ciudadana (MSPS).
- Unidad de Alerta Temprana (MSPS)
- Comisión de Control de Inundaciones de San Pedro Sula
- Departamento de Geodesia de la Dirección General de Catastro y Geografía.

### **32. Páginas visitadas:**

- <http://conferences.tephinet.org/americas-region-2011/sanpedro>
- <http://definicion.de>
- <http://www.eltiempo24.es/San+Pedro+Sula>
- <http://www.weatherbase.com/about.php>
- <http://www.worldweather.org>
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1524582>
- <http://www.uclm.es/actividades/2010/CongresoIM/pdf/cdarticulos/225.pdf>
- Fuente: <http://revistamyt.com/2012/03/timidamente-verdes/>

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### LISTADO DE BARRIOS Y COLONIAS DE SAN PEDRO SULA QUE PRESENTAN VULNERABILIDAD POR INUNDACION

Presentado en julio de 2010, por la Unidad de Alerta Temprana, Superintendencia de Participación Ciudadana y Servicios Públicos, Municipalidad de San Pedro Sula

##### **Sector Rivera Hernández**

##### **Zona altamente inundable**

Tramo Aeropuerto Bordo	Llanos de Sula II
Llanos de Sula III	Alfonso Lacayo
Llanos de Sula IV	Cristo Viene
6 de Mayo (asentamiento)	Montañita
Luke	Santa Venecia
La Cuchilla	Santa Martha
Villas Kitur	Fesitranh II (2 etapa)
Mi Rey	Brisas del Aeropuerto
Puerto Escondido	El Chorizo
Cerrito Lindo	Recursos Naturales
Fesitranh II	Palmeras
Flor de Cuba	Induna
Triunfo de La Fe	Monte Verde

##### **Zona moderadamente inundable**

Hermanos Villegas	Llanos de Sula
Tramo Central	6 de Mayo
Caulotales	Buena Casa

### **Zona levemente inundable**

La Trinidad	Felipe Zelaya
Brisas del Sauce Norte	Centralita
Brisas del Sauce Sur	Rivera Hernández
Reparto La Esperanza Parte 2	Villas Dulce Hogar
Quintas el Dorado Reparto La Esperanza parte 1	Los Ángeles
Sinaí	

### **Sector Chamelecón**

#### **zona altamente inundable**

Brisas del Canadá	Bernan Hernández
Versalles	Palos Verdes
Chotepe (aldea)	Terencio Sierra
Chamelecón Centro	Los Zorzales
Villa Rica	San Juan
Tramo Lotificación San Juan	14 de Julio
Chamelecón II	Plaza Castilla
San Jorge	España
Tramo Col. España Chamelecón II	Ángel Fajardo
Padilla	Morales 3
Morales 4	Morales 1
Morales 2	La Bolsa
Palmira	Palmira
La laguna	Sabillón Cruz
Fe y Esperanza	San José
Área Verde (cañeras)	La Montañita

### **Zona moderadamente inundable**

La Ceiba  
10 de Septiembre  
Santa Ana Los Laureles

San Isidro  
Ebenezer 15 Septiembre

### **Zona levemente inundable**

Panting  
Providencia  
San Antonio  
Suyapa

Providencia II Etapa  
Monte Bello  
San Antonio II Etapa  
Suyapa Anach

### **Zona de derrumbes**

Lempira 1  
Lempira 2

Suazo Córdoba  
Lempira

### **Sector Merendón (aldeas) por inundación**

El Remolino  
Las Flores de Rio Frio

Tomalá  
La Unión de Rio Frio

### **Zonas de alto riesgo por derrumbe o deslizamientos**

Las Crucitas  
Las Neblinas  
Santa Marta  
La Unión de Rio Frio  
Las Vegas de Rio Frio  
Miramar  
Nuevo Edén

El Gallito  
La Virtud  
Las Flores de Rio Frio  
Santa Teresa de Bañaderos  
La Fortuna  
El Porvenir  
La Laguna de Bañadero

## ANEXO 2

LISTADO DE DEPENDENCIAS PÚBLICAS Y PRIVADAS EN LAS QUE SE APLICÓ EL CUESTIONARIO A DIRECTIVOS Y TÉCNICOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN, POR SU INFLUENCIA EN LA TOMA DE DECISIONES PARA IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA DE DISEÑO TROPICAL BIOCLIMÁTICO EN SAN PEDRO SULA

<b>INSTITUCIÓN O DEPENDENCIA</b>	<b>FORMA SUGERIDA DE INTERVENCIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA</b>
<b>1. ALCALDÍA MUNICIPAL</b>	Aplicación de la guía para la emisión de permisos de construcción.
<b>2. PLANIFICACIÓN Y URBANISMO</b>	Incorporar criterios de la guía al plan de desarrollo de la ciudad
<b>3. AGUAS DE SAN PEDRO</b>	Incentivar a los usuarios que mediante sus diseños contribuyen con la recarga de acuíferos.
<b>4. DIMA</b>	Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente e incorporar la aplicación de las estrategias de la guía de diseño.
<b>5. PARQUES Y BOULEVARES</b>	Aplicación de los principios bioclimáticos en el diseño de los espacios públicos de la ciudad
<b>6. COPECO</b>	Implementar regulaciones y políticas de construcción acordes a las condiciones físicas.
<b>7. COLEGIOS PROFESIONALES CAH CICH, CIMECH y CAH (Abogados)</b>	Motivación y capacitación a sus agremiados para la aplicación de los criterios bioclimáticos tropicales.
<b>8. CÁMARA DE COMERCIO E INDUSTRIA DE PUERTO CORTÉS</b>	Motivación y capacitación a sus agremiados para la aplicación de los criterios bioclimáticos tropicales.
<b>9. POSIBLES CLIENTES DE VIVIENDAS</b>	Conocer los beneficios de la arquitectura bioclimática e implementarlos en sus proyectos.
<b>10. UNIVERSIDADES</b>	Difusión con los nuevos profesionales de los principios de la arquitectura bioclimática
<b>11. INVERSIONISTAS (MAQUILAS, COMERCIO)</b>	Solicitar que en su diseño y construcción sean aplicados los criterios bioclimáticos.
<b>12. EMPRESA NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	Hacer campañas de concientización para el ahorro energético y motivar al uso de la guía de diseño

### ANEXO 3

#### **CUESTIONARIO APLICADO A FUNCIONARIOS Y PERSONAL TÉCNICO DE INSTITUCIONES Y DEPENDENCIAS PÚBLICAS Y PRIVADAS RELACIONADAS CON EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN SAN PEDRO SULA**

La arquitectura bioclimática es parte importante de la sostenibilidad. Las principales variables en las que se sustenta son el clima y la naturaleza, independientemente de los materiales constructivos y sin aumento en el costo de ejecución.

Este cuestionario permitirá captar el grado de conocimiento, interés y aceptación de los entrevistados hacia la arquitectura bioclimática, con el propósito de justificar la necesidad de crear una guía de diseño, que sirva de herramienta de diseño/planificación y remodelación o reciclaje de edificaciones y espacios urbanos.

Agradecemos su disposición al brindarnos sus respuestas, las cuales serán de mucha utilidad para respaldar el presente estudio.

**1) ¿Conoce usted experiencias de edificaciones y espacio urbano construidos con diseño tropical bioclimático en la ciudad de San Pedro Sula?**

Si  No

**Especifique cuales** \_\_\_\_\_

**2) ¿Existe alguna Guía de Diseño Tropical Bioclimático que sea aplicada a las edificaciones y espacios urbanos en San Pedro Sula?**

Si  No

**3) ¿Qué grado de interés tendría usted en la creación e implementación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula?**

Muy interesado   
Medianamente interesado

Poco interesado

Sin interés

**4) De los siguientes beneficios de la arquitectura tropical bioclimática enumere en orden de prioridad. Marcando del 1 al 5, siendo el uno el que más le interesa y el 5 el que menos le interesa**

Reducción factura energía eléctrica

Reducción enfermedades bronco/respiratorias

Reducción del riesgo de inundaciones

Aumento del confort térmico personal

Creación de espacios públicos confortables

**5) ¿Qué aspectos considera clave para la implementación de la guía en su institución?**

Legales

Presupuesto

Organización

Concertación

Otros

**Observaciones**

---

**6) ¿Se puede contar con personal de su institución para la revisión y validación de la guía? ¿Qué tipo de personal?**

**7) ¿Se está aprovechando los siguientes elementos en su vivienda para reducir el consumo energético?**

**a) Vientos**

Si

No

Explique cómo

---

b) Sol  Si  No

Explique cómo \_\_\_\_\_

c) Lluvia  Si  No

Explique cómo \_\_\_\_\_

d) Vegetación  Si  No

Explique cómo \_\_\_\_\_

8) Si se creara la Guía de Diseño Tropical Bioclimático, usted estaría dispuesto a apoyar en: (Marque con una X)

- a) Promoción
- b) Legislación
- c) Ninguno
- d) Otro

---

9) ¿Desea hacer algún comentario u observación adicional relacionado con la creación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula?

---

Cargo:

Nombre del encuestado:

Lugar y fecha:

## ANEXO 4

### CUESTIONARIO APLICADO A CLIENTES POTENCIALES DE UNA VIVIENDA TROPICAL BIOCLIMÁTICA EN SAN PEDRO SULA

La arquitectura bioclimática es parte importante de la sostenibilidad. Las principales variables en las que se sustenta son el clima y la naturaleza, independientemente de los materiales constructivos y sin aumento en el costo de ejecución.

Este cuestionario permitirá captar el grado de conocimiento, interés y aceptación de los entrevistados hacia la arquitectura bioclimática, con el propósito de justificar la necesidad de crear una guía de diseño, que sirva de herramienta de diseño/planificación y remodelación o reciclaje de edificaciones y espacios urbanos.

Agradecemos su disposición al brindarnos sus respuestas, las cuales serán de mucha utilidad para respaldar el presente estudio.

**10) ¿Conoce usted experiencias de edificaciones y espacio urbano construidos con diseño tropical bioclimático en la ciudad de San Pedro Sula?**

Si

No

**Especifique cuales** \_\_\_\_\_

**11) ¿Existe una Guía de Diseño Tropical Bioclimático que sea aplicada a las edificaciones y espacios urbanos en San Pedro Sula?**

Si

No

**12) ¿Qué grado de interés tendría usted en la creación e implementación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula?**

Muy interesado

Medianamente interesado

Poco interesado

Sin interés

**13) De los siguientes beneficios de la arquitectura tropical bioclimática enumere en orden de prioridad. Marcando del 1 al 5, siendo el uno el que más le interesa y el 5 el que menos le interesa**

Reducción factura energía eléctrica	<input type="checkbox"/>
Reducción enfermedades bronco/respiratorias	<input type="checkbox"/>
Reducción del riesgo de inundaciones	<input type="checkbox"/>
Aumento del confort térmico personal	<input type="checkbox"/>
Creación de espacios públicos confortables	<input type="checkbox"/>

**14) ¿Se está aprovechando los siguientes elementos en su vivienda para reducir el consumo energético?**

**e) Vientos**     Si                       No

Explique cómo \_\_\_\_\_

**f) Sol**             Si                       No

Explique cómo \_\_\_\_\_

**g) Lluvia**         Si                       No Explique.

**h) Vegetación**  Si                       No Explique

**6.** Si se le demuestra que por cada lempira invertido en energía eléctrica en la arquitectura tropical bioclimática, se invierten entre 4 y 6 lempiras en la arquitectura convencional, ¿estaría dispuesto a convertir su vivienda en tropical bioclimática?

**7.** Estaría interesado en tener una guía que le oriente cómo hacer sus edificaciones tropicales bioclimáticas?

Si

No

6 Desea hacer algún comentario u observación adicional relacionado con la creación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula?

---

---

**Ocupación:**

**Lugar y fecha:**

## ANEXO 5

### COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS CIUDADES DE SAN PEDRO SULA Y TEGUCIGALPA

ELEMENTO	TEGUCIGALPA		SAN PEDRO SULA	
CLIMATOLÓGICO	9:15 hrs.	16:30 hrs.	9:15 hrs	16.30 hrs.-
<b>Velocidad del viento</b>	6 Km/h	5Km/h	0.00 Km/h	11Km/h
<b>Ráfagas de viento</b>	6Km/h	26Km/h	-	10Km/h
<b>Dirección del viento</b>	N	E	NNE	ESE
<b>Dirección del viento en grados</b>	34°	80°	-	90°
<b>Temperatura</b>	20.3°C	27.3°	25.0°C	32°C
<b>Sensación Térmica</b>	20°C	28°C	25.0°C	39°C
<b>Presión atmosférica</b>	0.00 mb	-1.02mb	0.00 mb	0.00 mb
<b>Humedad relativa</b>	99%	52%	94%	66%
<b>Estado del cielo</b>	lluvia	nuboso	Lluvia	mayormente Nuboso
<b>Referencia tomada en:</b>	Soto Cano	American School	Puerto Barrios (Military)	Tela
<b>DATOS GEOGRÁFICOS</b>				
<b>Latitud</b>	14.3833		15.7166	

Fuente: <http://tiempoyhora.com/Centroam%C3%A9rica-Caribe>

## ANEXO 6

### **RETROALIMENTACIÓN POR PARTE DE LOS CLIENTES POTENCIALES DE UNA VIVIENDA TROPICAL BIOCLIMÁTICA, A QUIENES SE APLICÓ EL CUESTIONARIO EN SAN PEDRO SULA**

Ante la interrogante de que si deseaba hacer algún comentario u observación adicional relacionado con la creación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula, las personas a las cuales se les aplicó el cuestionario expresaron lo siguiente:

- Espero que lo puedan realizar, ya que sería de mucho provecho para los sampedranos.
- Le gustaría que la guía pudiera difundirse en La Prensa
- Es bueno exponer sus ventajas, para concientizar a los ciudadanos en la importancia de cuidar el ambiente.
- Se debería dar más publicidad a los lugares que cuentan con ese diseño.
- Se deben impartir seminarios en universidades para formar mejores arquitectos y diseñadores.
- Me parece oportuno el conocimiento, y me encantaría conocer más sobre esta tecnología y como aplicarla.
- Hay que sensibilizar a la población para adoptar este tipo de prácticas, por medio de spot publicitarios y medios de comunicación masivos.

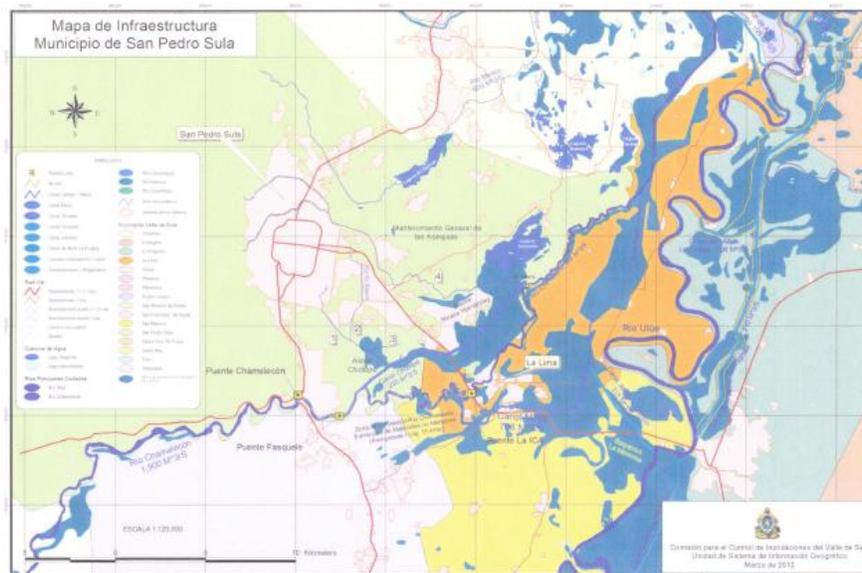
### **RETROALIMENTACIÓN POR PARTE DE LAS PERSONAS A QUIEN SE APLICÓ EL CUESTIONARIO EN DEPENDENCIAS E INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS**

Ante la interrogante de que si deseaba hacer algún comentario u observación adicional relacionado con la creación de una Guía de Diseño Tropical Bioclimático para San Pedro Sula, el personal encuestado expresó lo siguiente:

- a) Además de expresar sus felicitaciones por la creación de la guía, espera que se concrete en una forma masiva en Honduras, por los múltiples beneficios que trae.
- b) El Proyecto parece interesante y sería oportuno colaborar.
- c) Excelente idea, pero se necesita que se conozca el concepto
- d) Sería de muchísima utilidad como respaldo para elaborar diseños en general, aprovechando ventilación e iluminación natural, bajando así los costos constructivos y de instalaciones especiales.
- e) Es importante implementar este tipo de diseño, dado el clima en que vivimos, y así poder mejorar la capacidad de recarga de los acuíferos.
- f) Se debería incluir en la ordenanza municipal, para que se pueda aplicar de acuerdo a la normativa y no una propuesta aislada, sin apoyo de ningún ordenamiento jurídico.
- g) Me parece excelente, y si es para la nación, mucho mejor. Así se puede implementar en otras ciudades.
- h) Los beneficios del diseño tropical bioclimático, deben orientarse también a sectores de bajos o mínimos recursos en zonas marginales, para mejorar condiciones de vida a costos más bajos.
- i) Parece un buen concepto a desarrollar e implementar, pero tendrá que vencer grandes barreras culturales.
- j) Es muy importante conocer sobre los diseños bioclimáticos, que nos ayuden a mantener el confort.
- k) Creo que es importante, porque ayudaría mucho a mejorar el ambiente de la ciudad, con mejores diseño.
- l) Llenaría un vacío en el área de desarrollos, particularmente en un ambiente de clima en el sector del Valle de Sula.
- m) Que la guía se legalice, para que las futuras obras ya sean públicas o privadas, cumplan las condiciones o normas que se propongan en la guía.
- n) Sería un instrumento de mucha importancia para el medioambiente.
- o) Me parece muy interesante el tema, ya que su proyección será de gran interés y beneficio comunitario.

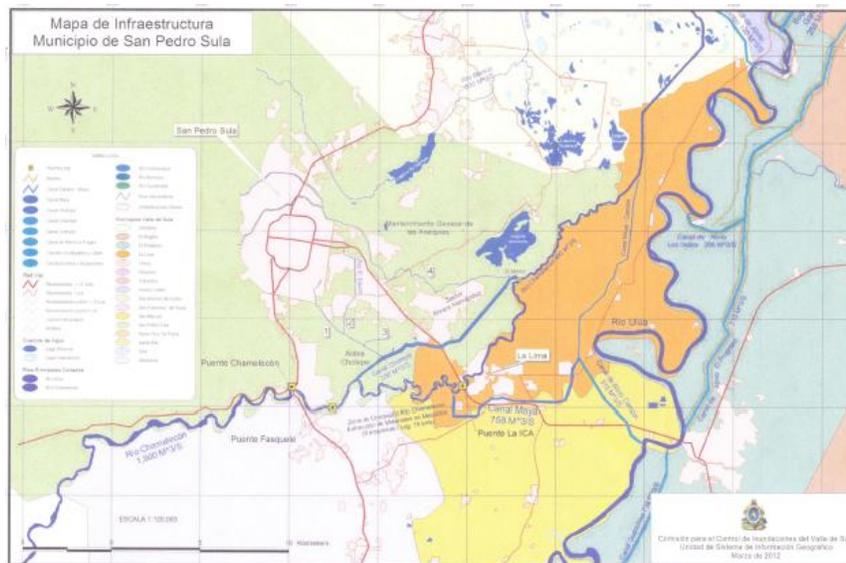
## ANEXO 7

### MAPAS DE SAN PEDRO SULA CON INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA ARQUITECTURA TROPICAL BIOCLIMÁTICA



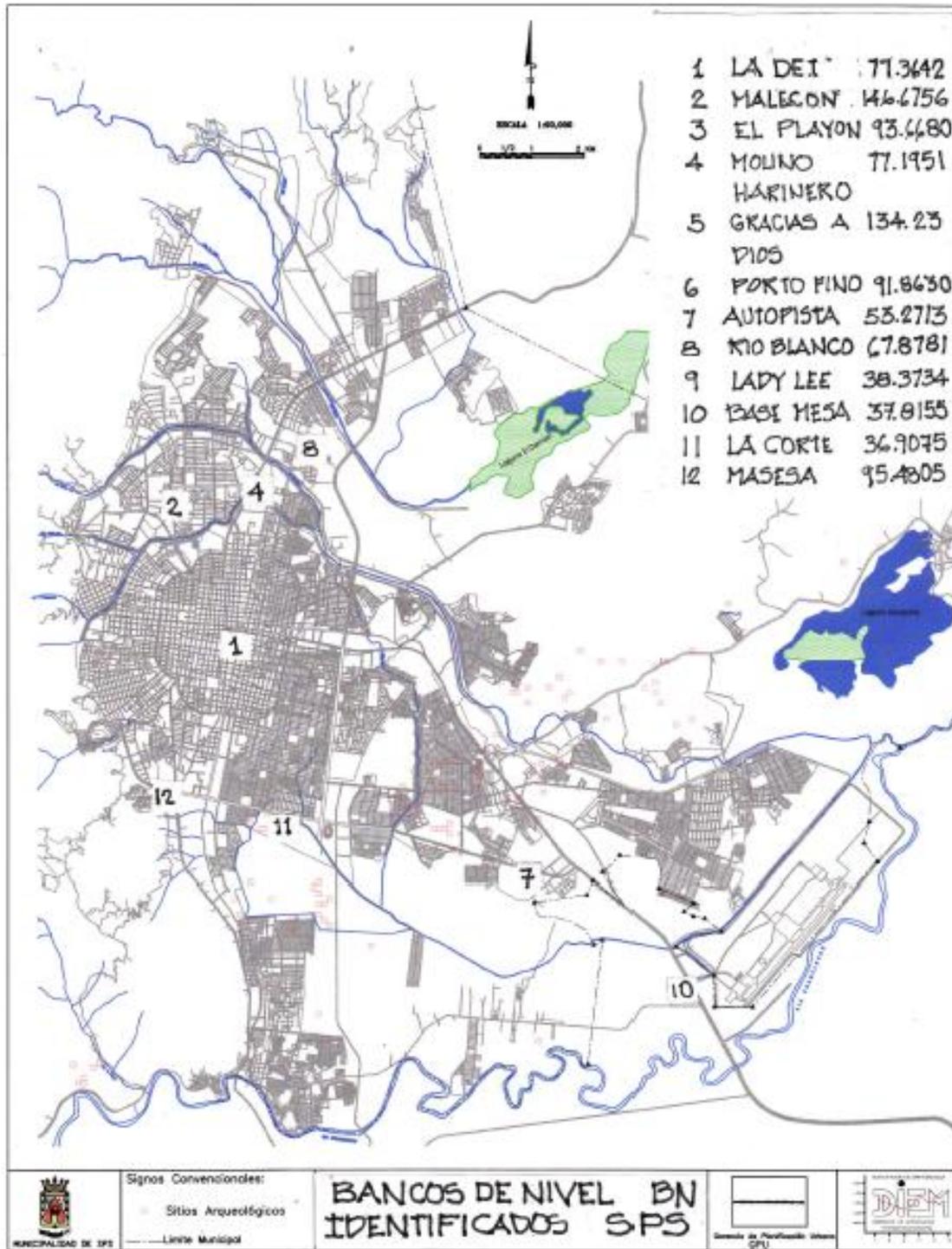
**Mapa 1. Mapa de las Inundaciones del Valle de Sula después de Mitch**

Fuente: Comisión de Control de Inundaciones del Valle de Sula (CCIV)



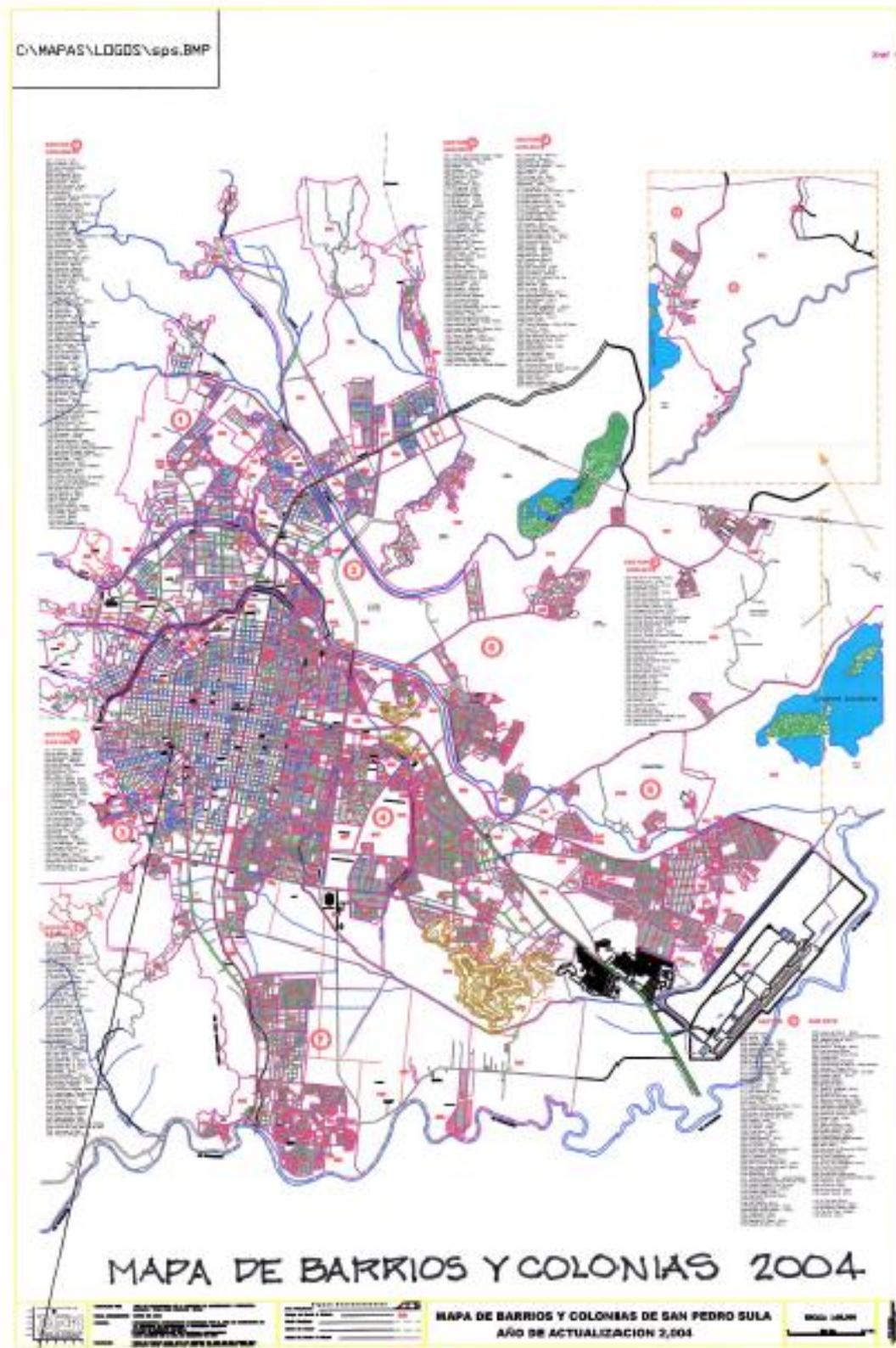
**Mapa 2. Mapa de Infraestructura Municipio de San Pedro Sula**

Fuente: Comisión de Control de inundaciones del Valle de Sula (CCIV).



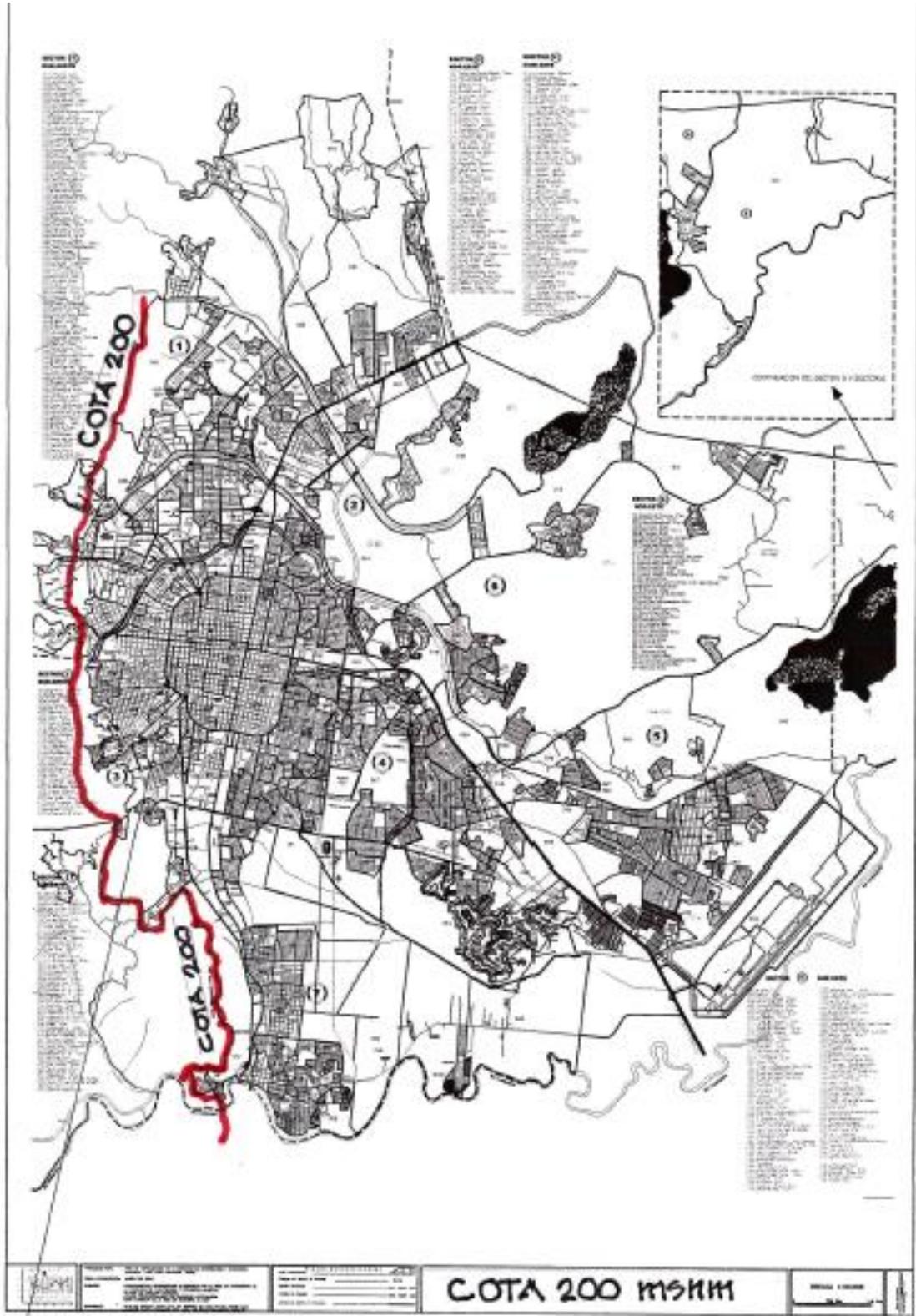
**Mapa 3. Coordenadas Topográficas (Bancos de Nivel) de San Pedro Sula**

Fuente: Gerencia de Geodesia, Dirección General de Catastro y Geografía



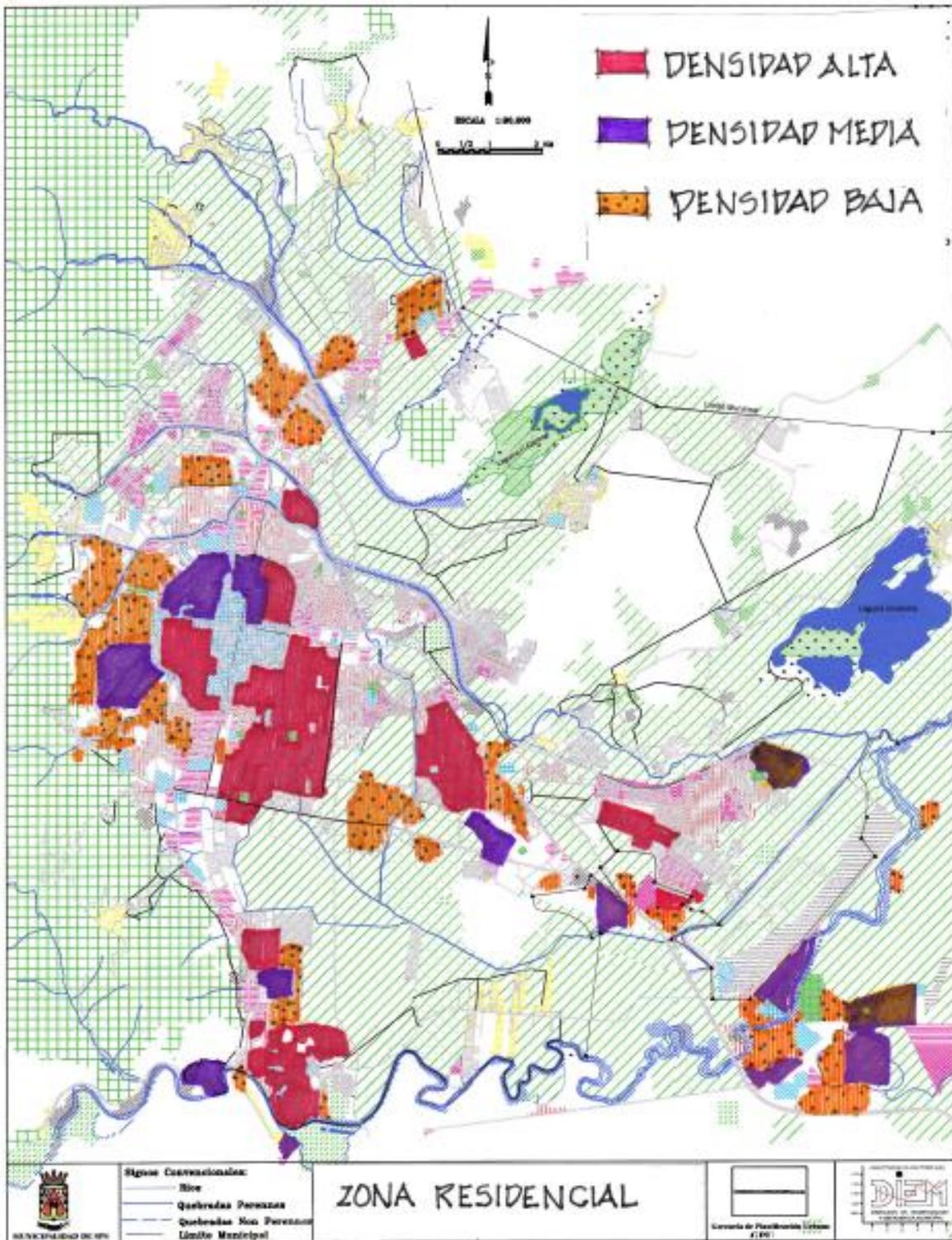
**Mapa 4. Mapa de Barrios y Colonias de San Pedro Sula, 2004**

Fuente: Dirección de Investigación y Estadística Municipal (DIEM)



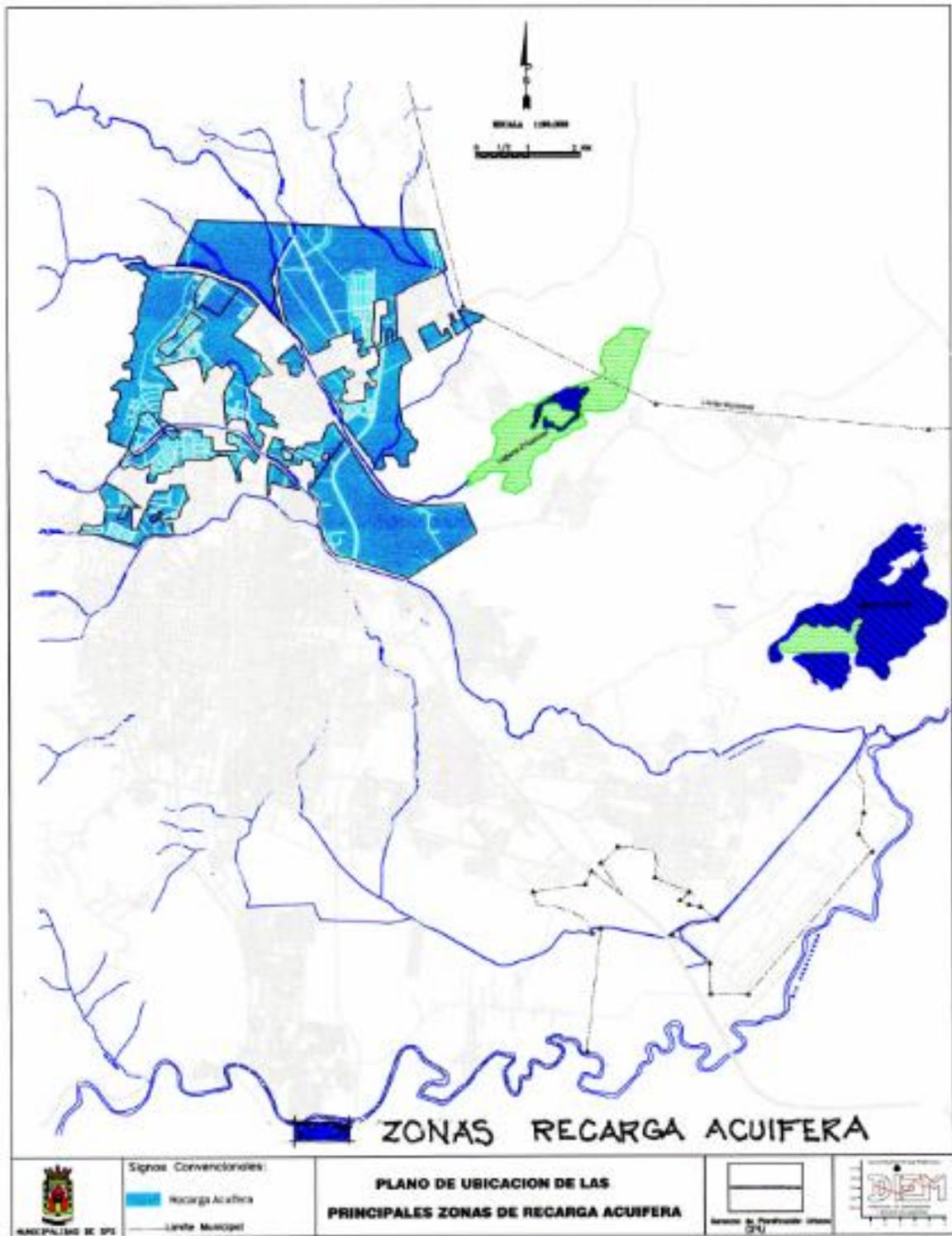
**Mapa 5. Cota 200 msnm, San Pedro Sula**

Fuente: Dirección de Investigación y Estadística Municipal (DIEM)



**Mapa 6. Densidad Zona Residencial San Pedro Sula**

Fuente: Dirección de Investigación y Estadística Municipal (DIEM)



**Mapa 7. Mapa de Zonas de Recarga Acuífera de San Pedro Sula**

Fuente: Dirección de Investigación y Estadística Municipal (DIEM)

## Anexo 8

### IMÁGENES, CATEGORÍAS Y MAPA DE SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CERTIFICADOS LEED EN AMÉRICA LATINA



Imagen Logo LEED

Categorías de la Certificación LEED

Fuente: <http://www.ecodesign4u.com/BILDER/LEED-AP.GIF&imgrefurl>

#### Situación actual: Certificados LEED en América Latina



Fuente: <http://revistamyt.com/2012/03/timidamente-verdes/>

## ANEXO 9

### COMPARACIÓN ENTRE TRES ENFOQUES DE DISEÑO: CONVENCIONAL, BIOCLIMÁTICO Y SOSTENIBLE.

Modo de diseño	Diseño Convencional	Diseño Bioclimático	Diseño Sostenible
<b>Configuración de la forma</b>	Otras influencias	Influenciado por el clima	Influenciado por el medio
<b>Orientación del edificio</b>	Importancia relativa	Crucial	Crucial
<b>Fachada y ventanas</b>	Otras influencias	Responden al clima	Responden al medio
<b>Fuente de energía</b>	Generada	Generada/Ambiental/Local	Generada/Ambiental/Local
<b>Pérdida de Energía</b>	Importancia relativa	Crucial	Rehúso es crucial
<b>Control Ambiental</b>	Electromecánico	Electromec/manual/artificial /natural	Electromecan/manual/artificial/natural
<b>Nivel de confort</b>	Variable	Variable/Consistente	Variable/Consistente
<b>Respuesta bajo consumo de energía</b>	Electromecánica	Pasivo/electro-mecánica	Pasivo/electromecánica
<b>Consumo de energía</b>	En general mucha energía	Poca energía	Poca energía
<b>Recursos materiales</b>	Importancia relativa	Importancia relativa	Impacto ambiental bajo
<b>Desecho de materiales</b>	Importancia relativa	Importancia relativa	Rehusar/reciclar/reintegrar
<b>Ecología del lugar</b>	Importancia relativa	Importante	Crucial

Fuente: Kean Yeang. Malasia, 1998.

## ANEXO 10. Clasificación Climatológica de Honduras

ZONA	DEPTOS	CLIMA KÖPPEN	PRECIP /(MM)	HUM/REL (%)	TEMP/(°C)		
					Mín.	Med.	Máx.
<b>NORTE</b> Litoral Caribe	Gracias a Dios, Colón, Atlántida y norte de Cortés	Selva Tropical Húmeda	2639 (en 167 días)	82	20.7	27	30.4
	Yoro, Cortés y región norte de Santa Bárbara	Sabana Tropical	1,128 (en 150 días)	75	21.9	26.2	30
<b>OCCIDENTE</b>	Ocatepeque, Copán, Intibucá, Lempira y la región sur de Santa Bárbara	Meso térmico (1400 msnm, invierno seco)	1,290 en 160 días, 1,395 (500/600 msnm), 1000 msnm	76 76	12.6	18.2 19	22.8 24.5
		Sabana tropical (1400msnm)	1400 msnm		15.3	20.2	28.9
							18 25.1
<b>ORIENTE</b>	Olancho, sur de Gracias a Dios y oriente de El Paraíso	Tipo sabana	1,200 mm en 153 días	74	18.6	25	30.2
<b>CENTRO</b>	Francisco Morazán, Comayagua, La Paz y la región noroeste de El Paraíso	Sabana tropical	1,004 mm en 118 días <500 1000 msnm <1500 msnm	70	16.6	24.7 21.5 18.6	27.8
<b>SUR</b>	Choluteca, sur de Francisco Morazán y suroeste de El Paraíso	Sabana tropical	Sabana tropical (tierras bajas) <1000msnm	66	23.4	23.4	34.5
						22.7	

Fuente: Fanny Méndez (tomado de Informe Honduras CCAD).