

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE



IMPLEMENTACIÓN Y USO DE UNA PLANTA DE CAPTACIÓN DE ENERGIA SOLAR EN  
CONTEXTO DE CLIMAS TROPICALES EN LAS INSTALACIONES DEL CEMA  
Aldea Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala

Lilian Haydee Valverth de Méndez

Guatemala junio de 2,008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE



IMPLEMENTACIÓN Y USO DE UNA PLANTA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN  
CONTEXTO DE CLIMAS TROPICALES EN LAS INSTALACIONES DEL CEMA  
Aldea Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala

Informe final de tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias, con base en el  
"Normativo de Tesis para Optar al Grado de Maestro aprobado por la Junta Directiva de la  
Facultad de Ingeniería, el 01 de agosto del 2008.

Dra. Karim Chew Gutiérrez

Lilian Haydee Valverth de Méndez

Guatemala agosto de 2,008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA-



Decano: Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos

Secretaria: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

Vocal I: Inga. Glenda Patricia García Soria

Vocal II: Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López

Vocal III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón

Vocal IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL  
EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN EL  
ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente: Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos

Secretaria: Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

Examinador: Cesar Augusto Acu

Examinador: Inga. Gloria Hernández Samayoa

Asesor de Tesis: Dr. Karim Chew Gutiérrez

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por el maravilloso Don de la vida.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Por brindarme la oportunidad de participar en esta Maestría.

A LA FACULTAD DE ARQUITECTURA: Por abrirme sus puertas y convertirse en mi nueva casa.

A MI MADRE: Como un recuerdo a su memoria

A CARLOS: Por su apoyo incondicional y por caminar a mi lado ayudándome a alcanzar las metas que me propongo.

A MIS HIJOS: Melanie Fabiola y José Rodrigo, con mucho amor.

A MI HERMANO JORGE: Que sea un ejemplo a superar en su vida estudiantil.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS: Acompañantes en este recorrer de la vida, haciendo mas ligero el paso por la misma.

EN ESPECIAL A: Isabel, Byron, Alenka, Verónica, Evelyn, Karim, Marcos y Vicky. Gracias por su colaboración para llevar a cabo este proyecto.

A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRIA: Por el gusto de compartir nuestro aprendizaje, en especial al grupo de estudio: Norma, Marcos, Pablo, Telmita, Erika, Mili, Estrella, Mario y Wilson.

## CONTENIDO

<b>1. Generalidades</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	1
1.2 Características Generales del país	2
1.3 Guatemala dentro del contexto regional	3
1.4 Demanda y Uso de la energía en Guatemala	5
1.5 Uso de Energías Renovables	5
1.6 Gestión de Recursos Naturales	7
1.7 Descripción Geográfica del Sitio	8
1.7.1 Ecosistemas Marino costeros de Guatemala	8
1.7.2 Reserva Natural de Monterrico	9
<b>2. Descripción del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA)</b>	<b>15</b>
2.1 Condición de las Instalaciones en el Cema Monterrico	17
2.2 Condiciones Energéticas del Cema Monterrico	18
2.3 Condiciones Físicas del Cema Monterrico	19
2.4 Condiciones de las Instalaciones Eléctricas	20
2.5 Condición de los Pozos de Captación	21
2.6 Impacto en Aves por la presencia de cables	22
2.7 Condiciones ambientales del lugar	23
<b>3. Análisis de Diversas Soluciones</b>	<b>27</b>
3.1 Uso de Diversas Energías Renovables	28
3.1.1 Energía Eólica de Pequeña Potencia	28
3.1.2 Desventajas de Uso de la Energía Eólica	29
3.1.3 Energía Solar Térmica	30
3.1.4 Desventajas de la Energía Solar Térmica	31
3.1.5 Energía Solar Fotovoltaica	31
3.1.6 Sistemas conectados a red	33
3.1.7 Desventajas de la Energía solar fotovoltaica	34
3.2 Diseño del Nuevo Edificio tomando en cuenta criterios bioclimáticos	34
3.2.1 Arquitectura Solar pasiva	34
3.2.2 Climatización	36
3.2.3 Aislamiento Térmico	39
3.2.4 Reflexiones relativas a las formas de captación propuestas	40
<b>4. Propuesta concreta de una Solución Energética Integral</b>	<b>41</b>
4.1 Análisis del contexto para el diseño de nuevas construcciones en el Cema	41
4.1.1 Delimitación de la zona	42
4.1.2 Descripción detallada de los elementos que conforman la zona	43
4.2 Estudio de la propuesta de instalación	45
4.2.1 Equipo necesario	45
4.2.2 Características de la planta de captación	46
4.2.2.1 Potencia	46
4.2.2.2 Disponibilidad	46
4.2.2.3 Vida útil	46
4.3 Condiciones Arquitectónicas	46

<b>5. Desarrollo de la Normativa</b>	<b>47</b>
<b>6. Evaluación de Resultados</b>	<b>49</b>
6.1 Sistemas Conectados a Red	50
<b>Conclusiones</b>	<b>51</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>53</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>55</b>
Sitios y páginas web	55
Instituciones o entidades visitadas	56
<b>Anexos</b>	<b>57</b>

## RESUMEN

El presente documento se plantea bajo el interés particular en las instalaciones del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) pertenecientes a la Universidad de San Carlos de Guatemala y que se encuentran localizadas en la aldea Monterrico, departamento de Santa Rosa en la República de Guatemala, motivado por sus características únicas dentro de la región.

En este territorio se encuentra uno de los manglares mas extraordinarios de América latina, sus habitantes poseen un conocimiento amplio en la piscicultura debido a la existencia de diversidad de especies marinas las cuales usan para su alimentación y sobre vivencia, la zona costera donde se ubica Monterrico tiene un valor escénico que caracteriza al país y a su potencial turístico.

La estación Monterrico esta bajo la responsabilidad de la Universidad de San Carlos y cuenta con un conjunto habitacional distribuido en diversos módulos, los cuales son utilizados como oficinas, dormitorios, cocina y comedor, bodegas, aulas y principalmente laboratorios para camarón y micro algas además de cinco pozos equipados con sistema de bombeo y seis estanques destinados al cultivo de diferentes especies. Actualmente las instalaciones funcionan gracias a la energía eléctrica suministrada por Unión FENOSA, cuya dotación es irregular, razón por la cual el funcionamiento de los distintos aparatos eléctricos necesarios en las instalaciones han sido atendidos por otros sistemas alternos de mayor coste y que por motivos de la alta salinidad se ven afectados, disminuyendo su vida útil.

La dependencia de una energía tradicional muchas veces imposibilita el trabajo para el que están destinadas las instalaciones y sumado a esto las mismas carecen de cuidado y mantenimiento por lo que con el tiempo han ido en franco deterioro, llegándose inclusive al abandono de las mismas. Basada en esta premisa es importante considerar la sustitución de los elementos constructivos actuales por el nuevo diseño de un conjunto que cuente con una planta de captación de energía solar capaz de abastecer al mismo permitiendo la integración de las redes de servicios al entorno.

Ciertamente los modelos de desarrollo que han caracterizado la República de Guatemala no han propiciado la investigación y desarrollo de fuentes alternativas de combustibles no fósiles, y no ha sido hasta el ultimo milenio cuando la comunidad internacional se ha preocupado por potencial izar dichas investigaciones, por lo cual se pretende que este estudio refuerce y sirva de referencia en estudios sobre el uso de energía alternativa para el desarrollo, complementado el estudio con el diseño y eventual construcción de una planta experimental para la captación de energía solar.

El uso de plantas generadoras de energía solar fotovoltaica ha ido ganando terreno en comparación a otras fuentes de captación de la misma ya que representa en el mercado la producción de energía limpia utilizando la luz solar la cual es gratuita y no cuenta con limitantes para su obtención.

El planteamiento de este trabajo consiste en el desarrollo de una planta de energía solar fotovoltaica la cual consiste en una forma diferente de producción de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos.

Guatemala por su riqueza acuícola representa para el mundo una fuente de producción de energía hidroeléctrica y actualmente es a la que mas atención se le presta, lamentablemente no todos los departamentos de la república cuentan con ríos caudalosos que permitan la obtención de esta clase de energía.

Una muy buena alternativa entonces es la que representa la energía solar ya que para esta no se hace necesaria más que la luz del sol y el uso de algunas celdas fotovoltaicas.

Guatemala adolece de información de este tipo de energías pero en la actualidad el gobierno en conjunto con otro tipo de entidades publicas y privadas así como la Universidad de San Carlos de Guatemala, pretenden cambiar la visión de la población y orientarla al uso de energías alternativas que disminuyan la contaminación ambiental que tanto daño causa así como el calentamiento global.

El Ministerio de Energía y Minas de la república de Guatemala tiene contemplado para este año llevar electrificación a áreas protegidas utilizando la energía solar fotovoltaica iniciando con proyectos al sur de Peten, la sierra de las Minas e Izabal.

Sirva este documento como un aporte a la búsqueda del desarrollo de este país en un tema tan necesario como lo es el salvar el planeta cuidando el medio ambiente por medio de la no contaminación.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Implementar una planta de energía solar fotovoltaica en un edificio diseñado especialmente para funcionar en climas tropicales con alta salinidad que permita desarrollar nuevas fuentes de energía que no contaminen el medio ambiente.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Construir una planta solar fotovoltaica que sirva de modelo para el desarrollo de nuevas alternativas de captación de energía.
2. Disminuir las emisiones de bióxido de carbono por medio de la producción de energía limpia.
3. Diseñar el nuevo edificio en el cual se colocará la planta solar tomando en cuenta la arquitectura bioclimática, integrando el sistema constructivo al entorno para minimizar el impacto visual que se pueda producir.
4. Visualizar si existen leyes que permitan la construcción y manejo de las plantas solares fotovoltaicas en el país de Guatemala.
5. Comprobar que al hacer uso eficiente de un sistema alternativo para la producción de energía eléctrica se puede alcanzar un ahorro significativo en comparación a la energía producida por medios tradicionales.



## **HIPÓTESIS**

La implementación de una planta de captación de energía solar fotovoltaica dará como resultado un ahorro de costos de producción directos e indirectos de la planta del Cema ubicada en Taxisco, Santa Rosa, además de servir como una planta modelo para realizar estudios a mayor escala de la conexión de plantas solares fotovoltaicas a la red de energía eléctrica tradicional.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación va dirigido a profundizar la investigación de medios alternativos de generación de energía eléctrica la cual en la actualidad es dominada en un alto porcentaje por el uso de hidrocarburos los cuales contaminan el planeta, son difíciles de obtener y escasean cada día, presentando un costo muy elevado para los países que no son productores del mismo.

El objetivo que se persigue con el desarrollo de este proyecto es además educacional ya que permite a la Universidad de San Carlos de Guatemala ser precursora en la creación de un edificio construido con características bioclimáticas que a la vez genere energía que le permita ser autosuficiente además de ser demostrativo al servir de ejemplo y de modelo de estudios para los estudiantes de todas las carreras.

Actualmente el tema del calentamiento global nos hace pensar en el desarrollo de nuevas técnicas bioclimáticas, precisamente de esa inquietud surge la necesidad de crear nuevos proyectos de infraestructura que permitan colaborar con la humanidad en la ardua tarea del ahorro de la energía y de la no contaminación al medio ambiente.

La forma de desarrollar el proyecto consiste en la investigación de todas las formas de obtención de energía que son utilizadas actualmente para luego hacer una comparación significativa que enmarque cada una de las mismas y permita reconocer la mas apropiada para el proyecto bajo estudio.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Antecedentes

Guatemala es un territorio que concentra un relieve muy variado y una gran diversidad climatológica, biológica y cultural, la ciudad capital y las cabeceras departamentales tienen un desarrollo avanzado en comparación con las comunidades rurales. Los recursos naturales con los que cuenta el país son innumerables y cada uno de ellos posee una belleza profunda.

Guatemala cuenta con diferentes mantos acuícola que le permiten la generación de energía hidráulica, tiene muchos volcanes los que son fuente de energía geotérmica y también posee lugares en donde el viento sopla a grandes escalas pudiendo generar energía eólica, además en la actualidad el bagazo de la caña ya está siendo explotado para la producción de energía por biomasa, la energía solar fotovoltaica en algunos lugares del país también es conocida y practicada aunque a menor escala.

Siendo un país tan rico en energías alternativas que producen una menor contaminación y que dependemos económicamente de países industrializados precisamente por el consumo del petróleo, entonces se hace necesario la búsqueda y la creación de nuevos espacios para abrir camino a la energía del futuro, una energía limpia que permita que el planeta ya no se siga deteriorando en donde trabajemos en conjunto los gobiernos, las entidades privadas y los sectores educativos para la mejoría general.

Ya el Protocolo de Kyoto marca la pauta a seguir por los países para evitar la contaminación ambiental, según el artículo 2 inciso 1:

### **Artículo 2**

*Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3*

### **Artículo 3**

*Las Partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropogénas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.*

Es menester hacer énfasis en la investigación orientada al mejoramiento del ambiente y que además aporta la menor cantidad de contaminantes a la atmósfera, el presente estudio está previsto para las instalaciones que ocupa el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Estación Monterrico.

Las condiciones en las que se encuentran los edificios ubicados dentro del complejo, son deplorables considerando que es precisamente función fundamental de ellas la producción e implementación de conocimiento científico como parte de una unidad académica de la Universidad, en el siguiente apartado se presenta un levantamiento fotográfico que pretende ilustrar de mejor manera el estado específico de las áreas.

## 1.2 Características Generales del País

La República de Guatemala, limita al norte y al oeste con México; al este con Belice y el mar Caribe (océano Atlántico), las repúblicas de Honduras y El Salvador; al sur con el océano pacífico. Su área es de 108,889 kilómetros cuadrados.



Fotografía 1 Ciudad de Guatemala, Avenida Reforma  
Fuente: www.guate360.com

Guatemala está formada por una población de diferentes características, sobresaliendo del resto de la región por su carácter multiétnico, pluricultural, y plurilingüe. Según el Instituto Nacional de Estadística / INE<sup>1</sup>, el pueblo Maya representa el 43% de la población total, encontrándose los niveles de incidencia de pobreza mayoritariamente en este grupo de población indígena.

La administración político administrativa de Guatemala es por departamentos (22) y municipios (332) para su administración y gobierno. Actualmente

presenta una mezcla de indígenas, ladinos y mestizos, convirtiéndose en una de las regiones más ricas y variadas del continente americano.

Además del castellano que es el idioma oficial se hablan en el país otros 23 idiomas de los cuales 21 son de origen maya, siendo los otros el Xinca (no maya) (*El área xinca en Guatemala comprende un amplio territorio que se extiende por los departamentos de Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa. En éste último departamento se reconoce que los municipios de Guazacapan, Taxisco, Nueva Santa Rosa y Chiquimulilla, son los principales en donde existen comunidades que reivindican su origen xinca*) (fuente bibliografía No 1). Y el Garifuna (afro caribeña), todos ellos reconocidos por la Constitución Política de la República de Guatemala a partir de la firma de la paz en 1986.

Guatemala es un país territorialmente pequeño pero con una diversidad natural y cultural única en el mundo. Su condición de puente entre dos masas continentales, la variedad edáfica y las formas terrestres, la amplitud latitudinal, pluvial y térmica, entre otros factores, son responsables de la existencia de una alta variedad de ecosistemas y especies. Esta diversidad natural y étnica, ha generado a su vez distintas y variadas formas de interacción y uso de las mismas.

El territorio del país es de topografía irregular, con altitudes que van desde el nivel del mar hasta 4,220 metros sobre el nivel del mar<sup>2</sup> (MSNM) en el volcán Tajumulco, que es la cima de mayor altitud en Centro América. La cadena volcánica con un total de 37 volcanes atraviesa el país de oeste a este, anteriormente se contaban únicamente 33 volcanes pero el CONAP<sup>3</sup> identifica y reconoce 37 dentro de la Estrategia de Desarrollo del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística, **Censo de Población 2002**

<sup>2</sup> MSNM, Metros Sobre el Nivel del Mar

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

Las aguas continentales del país drenan por 3 vertientes hidrográficas: pacífico, mar caribe y atlántico, con un conjunto de 38 cuencas hidrográficas. El 0.9% del territorio nacional (950 kilómetros cuadrados) esta ocupado por aguas continentales, entre lagos y lagunas.

Una característica central de Guatemala, que la diferencia de otros países latinoamericanos, se encuentra en el hecho de ciertas dimensiones claves tanto económicas como sociales se asienta alrededor de los espacios rurales.

Es fundamental considerar que una alta proporción de la población guatemalteca pertenece al medio rural (61%), por lo que será necesario un esfuerzo continuado para poder garantizar el cambio progresivo y positivo en el medio rural. Las áreas progresivas principales del país son el turismo, la agroindustria y el desarrollo forestal.

Una estructura ocupacional marcadamente identificada, incluyendo actividades artesanales, comercio, servicios, que permite la coexistencia de una elevada proporción de población en zonas rurales con alta densidad demográfica articuladas a actividades rurales no agrícolas o directamente no agrícolas urbanas.

### 1.3 Guatemala dentro del contexto regional

Geográficamente, el istmo centroamericano se compone de los siete países de América Central: Guatemala, El Salvador, Honduras, Belice, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y además seis estados de México: Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, y Oaxaca. Pocos lugares en el mundo de tamaño equivalente, varían tanto como la región centroamericana en la forma del terreno, el clima, la flora, la fauna y la vegetación.



Imagen I Guatemala dentro del Contexto Regional  
Fuente: Atlas Mundial

La región ha sido durante milenios un puente terrestre entre América del Norte y América del Sur. Aparte de ello, su ubicación entre dos océanos y la división de su territorio por la extensa cadena montañosa que configura valles, llanuras, y una amplia red hidrológica, definen una gran diversidad de climas que hace de la región una zona vulnerable a sufrir efectos de distintos fenómenos naturales, pero que también ha permitido el desarrollo de una numerosa y extraordinaria variedad de formas de vida.

La región de América Latina y el Caribe esta bien dotada desde el punto de vista de su base de recursos naturales y atributos ambientales, los cuales, de manejarse bien, constituyen la base de la competitividad el crecimiento económico sustentable, la reducción de la pobreza y la calidad de vida [BID: 2003]<sup>4</sup>.

Los siete países de la región Centroamericana ocupan una extensión de 532,000 kilómetros cuadrados, teniendo Guatemala el 20.4% del total. En este territorio habitan 34 millones de personas<sup>5</sup> y posee una tasa de incremento de 2.3% anual. Se estima que para el 2025 la población llegará a 59 millones de habitantes.

Existen 46 grupos indígenas. El 22% de la población habita en 26 ciudades, las cuales poseen una población que supera los 100,000 habitantes. Guatemala es el país más poblado (posee el 33% de la población total), el de mayor población rural y el de mayor población indígena. A pesar de ello Guatemala posee la economía más grande de la región, teniendo el 32 % del Producto Interno Bruto absoluto de la misma, le siguen El Salvador y Costa Rica respectivamente.

Se han descrito en Centroamérica 3 biomas,<sup>6</sup> 17 eco regiones, 8 subdivisiones para manglares y 4 para arrecifes. En síntesis la región posee más de 300 formas de paisaje. Además posee 6,600 kilómetros de línea costera con variados eco sistemas costeros marinos, entre los que destacan los manglares y arrecifes de coral. En esa región se encuentra el 8% de la superficie de los manglares del mundo y posee la segunda de arrecifes más importante del

planeta, con cerca del 12% de las costas de latino América y el Caribe.



Su diversidad biológica es reconocida mundialmente, posee aproximadamente 20,000 especies de flores, de los cuales se estima que el 14% son endémicas; siendo Panamá y Guatemala los países que más endemismo poseen.

Fotografía 2 Derecha  
Canal de Chiquimulilla  
Fuente: Elaboración Pronia

<sup>4</sup> Según el BID 2003

<sup>5</sup> Según el Fondo de Población de Naciones Unidas, proyecciones al 2007. [www.unfpa.org](http://www.unfpa.org)

<sup>6</sup> BIOMA: Un **bioma** es una gran comunidad unitaria caracterizada por el tipo de plantas y animales que alberga. En [www.bioma.info](http://www.bioma.info)

#### **1.4 Demanda y uso de la energía en Guatemala**

La demanda y uso de la energía eléctrica es muy elevada en la capital de la república y en algunas de las principales ciudades como Quetzaltenango, Huehuetenango, San Marcos, etc. En el interior del país la energía eléctrica se está abriendo campo recientemente y los grupos encargados de producirla muestran un marcado crecimiento económico. Actualmente el país depende en un 80% de la energía eléctrica que le provee al sector público, el Instituto Guatemalteco de Electrificación (INDE) y la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA). Por otro lado, el sector privado colabora con el restante 20%.

La oferta de energía eléctrica no satisface las necesidades de la mayor parte de la población guatemalteca y los requerimientos no son proporcionales a una mayor oferta en relación con su creciente demanda. La deficiencia del sector energético es un obstáculo en el desarrollo integral del país, por lo que es necesario aumentar la producción, transmisión y distribución de dicha energía mediante la liberalización del sector. El Gobierno no cuenta con los recursos económico-financieros necesarios para ello, por lo que hace necesaria la participación de inversionistas que apoyen la creación de las empresas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y optimicen el crecimiento del subsector eléctrico.

Al desmonopolizarse el sistema de generación de energía eléctrica, para agilizar el crecimiento de la oferta y satisfacer las necesidades sociales y productivas de los habitantes de la República, se busca mejorar el nivel de vida de todos los guatemaltecos, especialmente de los pobladores más pobres de las regiones del interior del país que actualmente no gozan de este servicio

Esto hace necesario establecer normas jurídicas fundamentales para facilitar la actuación de los diferentes sectores del sistema eléctrico, buscando su máximo funcionamiento.

El gobierno de Guatemala impulsa la instalación de hidroeléctricas como una opción viable ante la generación de electricidad con base en hidrocarburos, cuyos precios internacionales están en constante alza. El poder Ejecutivo instrumenta una política de reducción de costos de la energía a través de la generación de fuentes renovables, en especial las hidroeléctricas. En los últimos 10 años Guatemala aumentó su dependencia del petróleo por falta de inversión en centrales generadoras con recursos renovables. El gobierno guatemalteco espera "revertir" esa situación de creciente dependencia del combustible fósil, con un plan de atracción de inversiones para fomentar una infraestructura de "energías limpias".

3.4  
Uso de energías renovables

#### **1.5 Uso de Energías Renovables**

Guatemala en comparación con el resto de los países centroamericanos ha sido uno de los primeros en tomar la iniciativa en el uso de energías renovables y sorprendentemente dado su grado de pobreza (cuenta con la mitad del PIB de Brasil) y su recientemente lograda estabilidad política (su guerra civil acabó finalmente en 1996 después de 36 años) está unos pasos adelante.

Muchos de los recursos naturales que tiene el país han sido aprovechados a través de la historia, pero a principios de la década de 1970 se empezó a tratar de aprovecharlos a un nivel generalizado. Desde entonces se ha impulsado el aprovechamiento de la energía solar eólica, energía hidráulica, energía geotérmica y la energía generada por la biodigestión anaeróbica para la producción de biogás como combustible.

La creciente demanda de energía que rebasa los niveles de la oferta, ha despertado preocupación tanto en el sector público como en el sector privado, lo cual ha obligado al gobierno, y específicamente al Ministerio de Energía y Minas, que tiene a su cargo la definición de la política energética a nivel nacional a encaminar las acciones a seguir.

En Guatemala la electricidad captada de energías renovables se lleva a cabo básicamente por medio de las centrales hidroeléctricas, con un porcentaje de capacidad instalada del 52%, las centrales térmicas con un 40% y los cogeneradores con el restante 8%.

A partir del año 2007 se ha propiciado el desarrollo de la creación de una política que promueva el uso y el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, esto, basado en el Decreto Ley 20-86, **Ley de Fomento al Desarrollo de Fuentes Nuevas y Renovables de Energía**, el cual declara de utilidad y necesidad pública la implantación de políticas energéticas encaminadas a promover el desarrollo,

Promoción y uso eficiente de las fuentes nuevas y renovables de energía. Fomentando la producción de proyectos que cumplan con lo estipulado en:

*ARTICULO 12: Criterios para la evaluación de proyectos. Para evaluar los proyectos se tomaran en cuenta, entre otros, los criterios siguientes:*

- a. La factibilidad técnica y financiera de su realización.*
- b. Su contribución a la economía nacional*
- c. Su aporte al consumo energético nacional.*
- d. Su impacto en la reducción de consumo de hidrocarburos*
- e. Su proyección social en cuanto pueda incidir en la reducción del gasto por un conglomerado social en el consumo de energéticos, principalmente de leña y productos derivados de hidrocarburos; y*
- f. Su incidencia en el desarrollo de la tecnología nacional.*

El Decreto Ley 20-86 constituye un instrumento a través del cual se impulsa y coordina la acción de los ejecutores de proyectos de desarrollo y aprovechamiento de los recursos renovables, como son: la radiación solar, el viento, el agua, la biomasa y cualquier otra fuente energética que no sea la nuclear ni la producción por hidrocarburos. Beneficia a los titulares de proyectos a través de incentivos fiscales.

Como beneficios adicionales se obtienen: la descentralización del suministro de energía eléctrica, beneficios económicos y además mayor confiabilidad en el sistema eléctrico, ya que gracias a la descentralización geográfica del servicio, disminuyen sensiblemente las posibilidades de una suspensión de este. En general, en Guatemala cuanto mayor sea el número de plantas generadoras y mayor su dispersión geográfica, menores son las posibilidades de una suspensión generalizada del servicio.

El Reglamento de la Ley de Fomento al Desarrollo de Fuentes Nuevas y Renovables de Energía preceptúa que las personas individuales o jurídicas interesadas en el desarrollo ejecución y mantenimiento de proyectos, deberán presentar ante la Dirección General de Planificación y Desarrollo Energético, la debida solicitud escrita, en este documento se hace mención a la energía solar:

Dentro del marco del Decreto Ley 20-86 se han aprobado hasta el momento 31 proyectos de fuentes renovables de energía, los que juntos suman alrededor de 280 MW, a realizarse en término de 3 años. De éstos, 11 son generados por hidroeléctricas, 15 por biomasa y 5 por energía solar.

El crecimiento de la economía, con nuevos proyectos turísticos, habitacionales e industriales instalándose en Guatemala, impulsa la demanda de energía, a tal punto que la actual capacidad instalada será insuficiente para el año 2009.

Según datos aportados por Marinus Boer, Gerente general del Instituto Nacional de Electrificación (INDE)<sup>7</sup>, Guatemala cuenta con una capacidad instalada de 1,836.7 MW para abastecer una demanda que este año alcanzará los 1,420 MW y crece a un ritmo anual de 125 MW. Sin embargo, la energía aportada por las hidroeléctricas se ve reducida en verano<sup>8</sup> por falta de agua, y otros generados por los ingenios<sup>9</sup> azucareros (azucareras), principalmente durante la zafra (de noviembre a mayo) también se ven afectados. Por lo que la capacidad instalada real se sitúa alrededor de los 1,600 megavatios.

## **1.6 Gestión de Recursos Naturales**

Guatemala enfrenta una situación crónica de debilidad institucional en materia de gestión de recursos naturales, protección del medio ambiente y promoción del desarrollo sostenible, presentando la falta de una política nacional integrada además del incumplimiento de la legislación ambiental existente y una marcada diferencia entre las políticas y autoridades ambientales frente a las políticas y autoridades económicas.

El país cuenta con recursos naturales renovables suficientes en cantidad y calidad, y su aprovechamiento otorgará al país una mayor independencia en la compra de los combustibles fósiles, facilitando con ello el suministro de energía económica a favor del consumidor final, de la población guatemalteca y de la región centroamericana en general, minimizando así una fuga irreversible de divisas por concepto de compra de estos combustibles no disponibles localmente.

En un país como Guatemala con múltiples demandas sociales y económicas y escasos recursos financieros para resolverlas, es imprescindible establecer la prioridad temporal de acción para atender tales necesidades. Un elemento central en la planificación de la gestión ambiental es el largo plazo, que se contrapone a la realidad de la coyuntura y el corto plazo; ambos, elementos frecuentes en países como el nuestro.

En Centroamérica las iniciativas por el uso de la energía renovable han partido de la necesidad de hacer uso de los recursos que el territorio proporciona, la variedad que el territorio de Guatemala proporciona ha permitido que a pesar de la debilidad institucional, existan leyes que amparen y propicien la generación de energía a través del uso de dicha energía.

Las demandas por el servicio podrían ser cubiertas en buena medida si existiese mayor apoyo para esta iniciativa, el fortalecimiento de la gestión ambiental es fundamental en el

---

<sup>7</sup> Prensa Libre Guatemala. Edición Electrónica [www.prensalibre.com](http://www.prensalibre.com) 18 de agosto 2007

<sup>8</sup> Verano: En Guatemala se entiende como verano, la temporada de no lluvias. Comprende los meses de Noviembre a Abril.

<sup>9</sup> En Guatemala se le denomina Ingenio, a las instalaciones procesadoras de la caña de azúcar y sus derivados.

desarrollo de estas bio-tecnologías, esto permitiría hacer uso responsable de los recursos mismos, y fortalecería los procesos de desarrollo local, pues la inversión pública podría enfocarse en esfuerzos no solo para mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles sino la calidad de vida de los habitantes de zonas un tanto alejadas de las fuentes de energía eléctrica convencional.

## **1.7 Descripción geográfica del sitio**

### **1.7.1 Ecosistemas Marino Costeros de Guatemala**

La zona marina costera se define como el espacio geográfico que abarca la fase interactiva entre el océano y la tierra, así como las interconexiones de los ecosistemas que se encuentran en dicho espacio; ésta zona se encuentra bajo la influencia de las mareas y experimenta un efecto de salinidad por el viento, intrusión subterránea o durante desastres naturales como huracanes.

La zona marina costera y sus recursos son un patrimonio de importancia para diversificar la economía en Guatemala; puesto que ofrece oportunidades para el turismo, la acuicultura y el transporte marítimo. Sin embargo existe la necesidad de promover un proceso dinámico mediante el cual se desarrollen y ejecuten estrategias coordinadas de distribución de los recursos ambientales, socio cultural e institucional con el fin de lograr la conservación y el manejo múltiple de la zona costera. Guatemala cuenta con unos 403 kilómetros de línea costera, 255 kilómetros en el litoral del pacifico y 148 kilómetros en el atlántico. La zona económica exclusiva que se extiende hasta 200 millas náuticas de la costa comprende un área de 85,100 kilómetros cuadrados de extensión, de los cuales 2,100 kilómetros cuadrados están en el atlántico y 83,000 kilómetros cuadrados.

La zona costera incluye, además, el mar territorial que se extiende hasta 12 millas náuticas de la costa y tiene una extensión de 7,694 kilómetros cuadrado; la zona intermareal, ubicada entre la línea de marea más alta y la línea de marea más alta y la zona submareal, la plataforma continental que comprende desde la superficie hasta una profundidad de 200 metros y los hábitat neríticos (cercaos a la costa y de poca profundidad), pelágicos (de gran profundidad) y oceánicos.

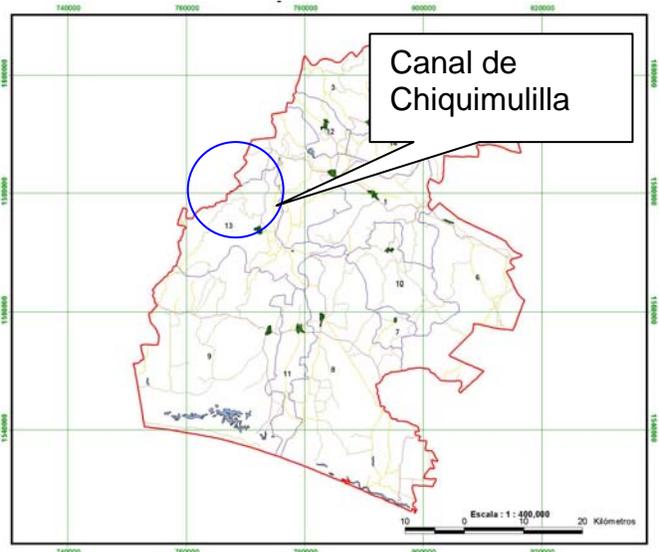
El litoral pacífico se enmarca dentro de la provincia biogeográfica de Chiapas-Nicaragua. Por las características geográficas y oceanográficas particulares el pacífico en Guatemala carece de puertos naturales; el litoral consiste en una serie de barras arenosas paralelas a la costa, geológicamente recientes, detrás de los cuales se han formado estuarios y canales con boca barras más o menos permanentes.

La plataforma continental de Guatemala comprendida desde la costa hasta las 200 metros de profundidad, mide unos 14,700 kilómetros cuadrados. Tiene un ancho promedio de 60 kilómetros y esta en su mayor parte, cubierta por lodos (arcilla y limo) y arena; los fondos son poco accidentados y más bien planos y mayormente blandos. Los fondos de barro son más comunes en su parte profunda y cerca de las zonas limitrofes con México y El Salvador.

### 1.7.2 Reserva Natural de Monterrico

Fue creada por acuerdo presidencial en Diciembre de 1977 y esta clasificada como "Área de Uso Múltiple". Dentro de ésta reserva se encuentran las aldeas de Monterrico, El Pumpo, La Curvina, Agua Dulce y la Avellana.

Esta reserva tiene actualmente una extensión de 2,800 hectáreas (28 kilómetros cuadrados) de las cuales el 70% son acuáticas (estuarinas y marinas) y el 30% son terrestres.



Fotografía 3 : Reserva, Monterrico  
Chiquimulilla, Santa Rosa.

Imagen II: Ubicación Municipio de Chiquimulilla, Santa  
Rosa  
Fuente: MAGA. Ministerio de Agricultura Y Ganadería

Es administrada por el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala CECON-USAC. Este es un lugar de gran atractivo turístico nacional e internacional con proyectos de conservación, reproducción y educación de especies en peligro de extinción como la tortuga marina, la iguana verde, el caimán y otros.

Allí también se protege el bosque manglar que es refugio de miles de especies de plantas y animales.

Su clima se clasifica como cálido seco, de tipo subtropical. Su temperatura oscila entre 30 y 33 grados centígrados, con un promedio anual de lluvia de 1,414 milímetros.

La reserva natural Monterrico posee un ecosistema estuarino y uno costero marino, en los cuales existe una gran variedad de flora como las asociaciones de manglar, tular, y otras como lirios acuáticos, ninfas, etc. Cerca del mar, en una franja de terreno seco y arenoso se encuentra una gran variedad de árboles frutales y medicinales, así como también una amplia zona de cultivos de ajonjolí, paxte, maíz, sandía y otros.

En este lugar se encuentra además un tortugario que promueve la producción de tres especies de tortuga marina así como también un iguanario en donde se incuban huevos de iguana las cuales al nacer son liberadas para repoblar el bosque. El bosque manglar, es un tipo de bosque rico en el desarrollo de plantas, animales y otros seres vivos y permite encontrar dentro de su hábitat a diversas especies.



Fotografía 4 Reserva, Monterrico  
Chiquimulilla, Santa Rosa.

En esta reserva una gran parte del ecosistema estuarino (del estero), lo cubre un tipo de vegetación llamado tul o junco que también es un recurso natural y aunque en ésta área no se hace uso directo de él, se pueden hacer trabajos manuales como sombreros, canastos, sopladores y cepilleras. Su importancia paisajista es muy especial, pues por su altura que no sobrepasa los 3 metros, se puede ver a largas distancias, además su importancia ecológica es muy grande pues es un hábitat de reptiles y aves que se alimentan y reproducen en él.

De fácil acceso desde la Ciudad Capital tomando la Carretera Internacional CA-9S. Hay servicio de buses hasta el embarcadero de la aldea La Avellana. Luego se atraviesa el canal de Chiquimulilla en embarcaciones pequeñas.

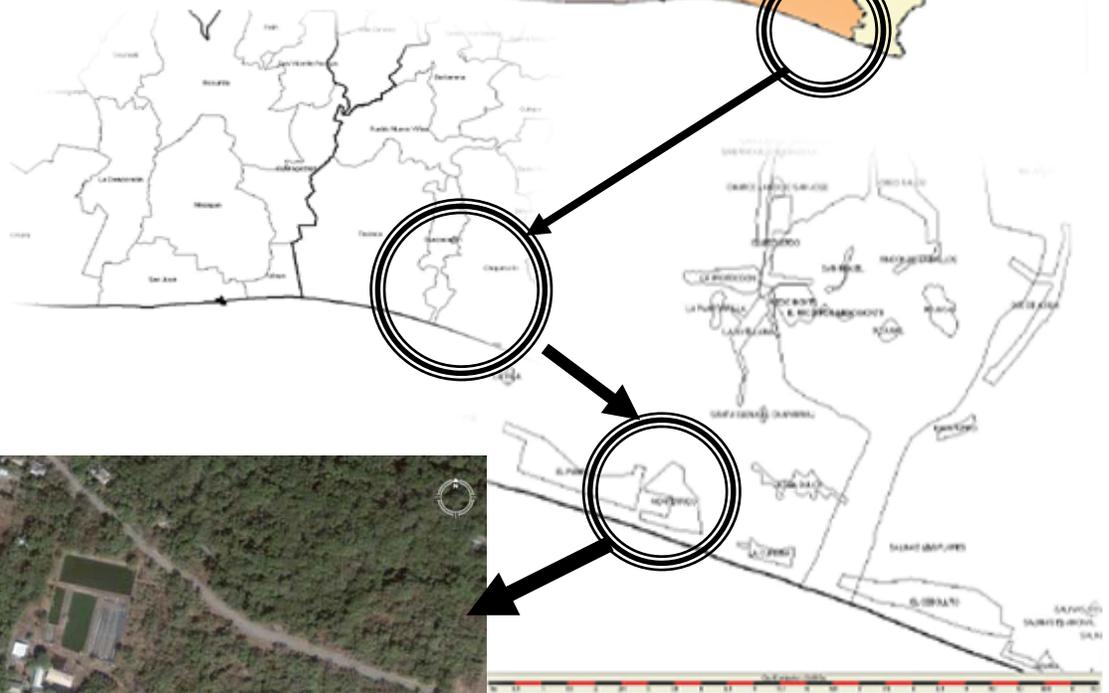
Se clasifica como Bioma Sabana Tropical Húmeda y la Zona de Vida de Holdrige es bosque seco-Subtropical (templado), con transición a bosque húmedo-Subtropical (templado). Existe un bosque de mangle a lo largo del canal.



**Guatemala**

**Escuintla**

**Santa Rosa**



**Monterrico: Chiquimulilla, Santa Rosa**

Imagen III: Reserva, Monterrico  
Chiquimulilla, Santa Rosa.  
Fuente Elaboración Propia

Fotografía 5 Reserva, Monterrico  
Chiquimulilla, Santa Rosa.  
Fuente www.google.com

A parte de estar representadas una gran cantidad de especies en la reserva, dentro de los terrenos de la Administración hay proyectos de reproducción y crianza en cautiverio de especies amenazadas las cuales están destinadas para repoblación, estas especies son:

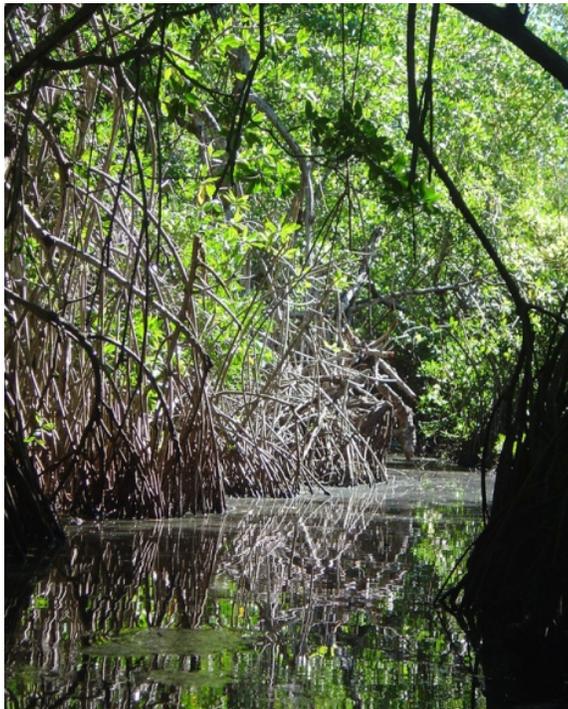
- Caimán *crocodilus fuscous* (Caimán)
- Iguana *iguana* (Iguana Verde)

Tres especies de tortuga:

- *Dermochelys coriácea* (Baule)
- *Lepidochelys olivaceae* (Parlama Blanca)
- *Chelonia* sp. (Parlama negra)

Estas utilizan las playas del Pacífico para anidar, por esto éste último proyecto constituye el proyecto bandera de la Reserva.

Las aves están representadas por más de 110 especies, tanto residentes como migratorias y con ello constituyen la fauna dominante y más atractiva de la región.



Fotografía 6: Manglar, Monterrico  
Chiquimulilla, Santa Rosa.  
Fuente [www.Guate360.com](http://www.Guate360.com)

La vegetación nativa está determinada por géneros:

- Acacia, Crescentia, Bursera, Gliricidia, Enterolobium, Coccoloba o de asociaciones hídricas con géneros tales como:
- *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Pachira*, *Thypa*, *Eichornia*, *Pistia*, *Nimphaea* y otros.

Según recientes investigaciones, dentro de la Reserva se encuentran por lo menos 5 formaciones vegetales:

- Manglar, Bosque seco, Tulares, Bosques de galería, Vegetación acuática.

El actual sistema de áreas protegidas en Guatemala está conformado por 91 áreas protegidas, cuya extensión es aproximadamente de 3, 000,000 hectáreas equivalente al 28% del territorio nacional.<sup>10</sup>



Fotografía 7: Fotografía del canal de  
Chiquimulilla, Santa Rosa.  
Fuente [www.Guate360.com](http://www.Guate360.com)

<sup>10</sup> <http://www.deguate.com/infocentros/ecologia/areas/monterrico.htm>

- Biotopos protegidos (6 áreas)
- Áreas de usos múltiples (4 áreas)
- Reservas biológicas (1 área)
- Refugios de vida silvestre (5 áreas)
- Reservas de biósfera (3 áreas)
- Reservas protectoras de manantiales (2 áreas)
- Parques nacionales (24 áreas)
- Zonas de veda definitiva (28 áreas)
- Reservas naturales privadas (12 áreas)
- Monumentos culturales (5 áreas)
- Monumento nacional (1 área)



## 2. Descripción del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala



Fotografía 8: Fotografía de CEMA Ciudad Universitaria Zona 12, Departamento de Guatemala  
Fuente: Elaboración Propia

El Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece al programa de Centros Regionales Universitarios.

El CEMA se creó como parte de la política general de regionalización de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de acuerdo a los criterios de las vocaciones agro ecológicas de las diferentes regiones del país.

En el año 1980 egresa la primera y única promoción de diez Técnicos en Acuicultura. A partir de ese año, CEMA

funcionó en la sede del Jardín Botánico en la ciudad capital, sin desarrollar docencia, atendiendo únicamente programas de investigación en Monterrico, Taxisco y de Extensión en Zunil, Quetzaltenango.

En 1985, por Acuerdo de Rectoría, se integra una comisión de reestructura de CEMA y se reinicia la carrera de Técnico en Acuicultura en el año 1986, utilizando como sede algunas instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, donde funcionó hasta junio de 1998.

Con el objetivo de complementar la formación de los técnicos a nivel de licenciatura el Consejo Superior Universitaria, el 19 de abril de 1989, en el Punto Quinto, del Acta No. 21-89, aprueba el inicio de la carrera a Nivel de Licenciatura en Acuicultura y su pensum de estudios.

A partir de julio de 1998, el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, dispone de infraestructura propia consistente en un edificio administrativo, un edificio de aulas y uno de laboratorios, ubicados en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde funciona actualmente. En la actualidad se han graduado 136 técnicos y 25 licenciados.

Dentro de los objetivos fundamentales que le CEMA persigue se pueden mencionar los siguientes:

Desarrollar tecnologías propias para la producción, promoviendo el uso eficiente de los recursos humanos, financieros y físicos para implementar sistemas integrales de producción.



Fotografía 9: Fotografía de CEMA Ciudad Universitaria Zona 12, Departamento de Guatemala  
Fuente: Elaboración Propia



Fotografía 10: Fotografía de CEMA Ciudad Universitaria Zona 12,  
Departamento de Guatemala  
Fuente: Elaboración Propia

Conocer el potencial hidrobiológico del país y regional, a nivel continental, marino y estuario; procurando el uso racional de los recursos y promoviendo la conservación del ambiente.

Realizar estudios sobre adaptación de especies acuícola nativas a medios artificiales de reproducción y desarrollo.

Realizar estudios sobre las principales enfermedades infecciosas de peces cultivados.

Realizar inventario de las principales especies dísticas del país con fines de su manejo en condiciones artificiales.

Formar los recursos

humanos según las necesidades del país y de la Universidad para el desarrollo socio-económico por medio de las ciencias acuáticas.

Contribuir a la diversificación de la enseñanza superior con la formación de profesionales a nivel Técnico y Licenciado.

Formar profesionales capacitados en el conocimiento de las técnicas de cultivo de organismos acuáticos para apoyo directo en áreas relacionadas con la Acuicultura y mejorar así el aprovechamiento y conservación de la fauna acuícola, así como el de los recursos hidrobiológicos existentes.

Divulgar los conocimientos en el campo de las ciencias acuáticas, con el fin de incentivar y promover la producción de dicho campo, en especial a los pequeños productores con énfasis en las labores de servicio a la comunidad.

Divulgar los conocimientos e Información obtenidos; haciendo especial énfasis en las investigaciones realizadas en el área de los recursos hidrobiológicos.

A través del Ejercicio Profesional Supervisado dar servicio a la comunidad en lo relacionado a la capacitación y transferencia de tecnología, como resultado de las investigaciones realizadas.

Fomentar el cultivo acuícola en los pequeños productores ofreciendo semillas y larvas mejoradas a precios accesibles.

Contribuir con el desarrollo socio-económico del país en el área de los Recursos Hidrobiológicos, mediante la adaptación de la tecnología apropiada.

El cumplimiento de los objetivos propuestos solo puede llevarse a cabo si se cuenta con instalaciones apropiadas para practicar in situ todas las actividades profesionales que un egresado debe conocer.

De allí la creación de la Estación Monterrico, en el departamento de Santa Rosa, por tratarse de una región apropiada para la producción y desarrollo de especies acuícolas nativas y mejorar el aprovechamiento de las mismas.

## 2.1 Condición de las Instalaciones en el CEMA Monterrico

Las instalaciones de estación del CEMA se encuentran a un kilómetro al sureste de la aldea, cuentan con aproximadamente 15 manzanas de terreno de las cuales solamente 3 están habilitadas con la construcción del complejo de oficinas y laboratorios que utiliza la Universidad de San Carlos, las manzanas restantes conservan como un área protegida ya que en ellas se alberga al único bosque tropical de la región. La topografía del terreno es casi plana con alturas que van desde el nivel del mar hasta los diez metros sobre el nivel del mar, los suelos de la región se caracterizan por tener mucho aluvión o ceniza volcánica con textura franco arenosa.

La infraestructura con la que cuenta la estación esta conformada por:

- Modulo para cocina - comedor.
- Oficina administrativa
- Bodega
- Modulo de aula
- Modulo para dormitorio de damas.
- Dos módulos para dormitorio de varones.
- Modulo de servicios sanitarios
- Modulo para laboratorio de camarón y microalgas.
- Modulo para camarón de agua dulce
- Modulo para albergue de voluntarios y encargado de la Estación.
- 4 pozos equipados con sistema de bombeo.(3 de agua dulce y 1 de agua de mar)
- Batería de 6 estanques con revestimiento plástico
- Reservorio de agua de mar.
- 16 Piletas de cemento.
- Área para caimanes.
- Depósito elevado de 10,000 litros.
- Sistema trifásico de electricidad

El área de producción se divide en tres módulos:

1. Laboratorio de reproducción de agua dulce.
2. Área de Estanquera para la producción de camarón marino.
3. Área de piletas, la cual cuenta con 22 piletas de cemento que son utilizadas para la producción de peces, tanto de tilapia como de ornato.

El agua que se utiliza para el abastecimiento de toda la estación es generada por cinco pozos, cada uno con su respectivo sistema de bombeo.

Pozo 1: De agua salada, este sistema de bombeo funciona con dos tipos de energía, el generador trifásico y el segundo con energía eléctrica. La bomba tiene 5.5 caballos de fuerza con tubería de 4 pulgadas de diámetro. Abastece de agua los estanques de camarón marino y el laboratorio de camarón de agua dulce. Actualmente esta bomba se encuentra en mal estado debido al oxido que provoca el agua marina.

Pozo 2: Es exclusivo para el uso domestico de la estación (baños, cocina, duchas, etc.), este pozo abastece a un depósito de 10,000 litros y cuenta con una bomba de 1 caballo de fuerza de potencia.

Pozo 3: Este pozo esta destinado para complemento de llenado de piletas. La bomba que utiliza este pozo es de modelo antiguo y necesita un constante mantenimiento.

Pozo 4: El agua de este pozo es para mezclarla con agua salada y abastecer a los estanques de engorde de camarón, la potencia de la misma es de 5.5 caballos de fuerza.

## **2.2 Condiciones energéticas del CEMA Monterrico**

La energía eléctrica es transportada por la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE (ETCEE-INDE) desde los principales centros de generación Hidráulica y Térmica hasta los puntos frontera con los principales distribuidores que son DEORSA, DEOCSA y EEGSA, Monterrico es servido por la red de distribución de DEORSA (propiedad de Unión FENOSA) la cual opera en todo el sistema oriental del país, esta red de distribución en particular se alimenta de la subestación de ETCEE ubicada en Chiquimulilla.

La capacidad que tiene instalada ETCEE en Chiquimulilla esta delimitada por el transformador de potencia que reduce el voltaje de 138 a 13.8 Kilovoltios, su capacidad es de 28 Megavatios, sin embargo el circuito especifico que alimenta Monterrico que es propiedad de Unión FENOSA tiene menor capacidad, el valor exacto oscila alrededor de 5 Megavatios, la configuración de este circuito y su capacidad no solo dependen del calibre de conductor que se usa, sino la distancia hacia la cual se quiere servir tal configuración.

La energía eléctrica que abastece al CEMA Monterrico es proporcionada por Deorsa por medio de una línea privada y los recibos mensuales de luz ascienden a los \$650.00 (aproximadamente Q5, 000.00 quetzales).

La energía eléctrica que se recibe es utilizada en las bombas que se encargan de la extracción de agua y en los motores que permiten el funcionamiento de los aireadores de los estanque que permiten la vida de las diversas especies, estos deben permanecer funcionando las 24 horas del día.

El abandono al que había estado sometido el centro se debe a que los transformadores de energía que se encuentran en la entrada fueron destruidos por las fuertes lluvias que azotan la región y pasaron aproximadamente año y medio sin ser reparados por falta de fondos privados, por lo que la estación quedo sin energía eléctrica y sin poder seguir realizando los objetivos para lo que fue creada.

Actualmente la energía eléctrica ya fue restablecida pero los transformadores se encuentran expuestos a cualquier tipo de percance ( lluvia excesiva, vientos, robos, etc.) y en cualquier momento pueden fallar, dejando nuevamente sin energía la estación.

### 2.3 Condiciones físicas del Complejo de oficinas del CEMA Monterrico



Fotografía 11: muestra el ingreso al Cema  
Imagen CEMA Monterrico, fuente propia

Las condiciones actuales de los recursos físicos (edificios) antes mencionados son deplorables, debido al abandono al que han sido sometidos. Para los meses de enero a mayo del 2008, la situación del conjunto de edificios será cambiada por nuevas construcciones que utilicen metal en lugar de madera permaneciendo constante el uso de palma para el techo.

En la fotografía se muestra el ingreso peatonal al CEMA el cual proviene de la playa, este cuenta con una parte construida de block y el resto esta circulado por alambre de amarre.

El centro de Estudios del Mar en su estación en Monterrico cuenta con una gran variedad de vegetación que ambienta el lugar la cual es nativa de la ciudad de Guatemala en el sector tropical del país.



Fotografía 12: vista frontal  
Imagen CEMA Monterrico, fuente propia

## 2.4 Condición de las Instalaciones Eléctricas

La energía eléctrica que poseen las instalaciones es restringida y sus condiciones actuales demuestran poca eficiencia debido a que se encuentran totalmente expuestas y en franco deterioro.



Fotografía 13: Arriba Laboratorio de Análisis de Agua y Especies Marinas  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 14: Arriba Laboratorio de Análisis de Agua y Especies Marinas  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 15: Ubicación de contadores de energía eléctrica y situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 16: Derecha  
Generador de energía  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia

## 2.5 Condición de los pozos de captación de agua

Las instalaciones para la recepción del agua potable se encuentran expuestas a cualquier tipo de contaminación. En las fotografías pueden observarse las bombas que se utilizan para la extracción del agua, en totalidad hay cinco y todas están en similares condiciones, el agua que extraen pasa luego a un proceso de cloración para volverla semi potable y así consumirla.



Fotografía 17: Izquierda. Bomba y tanque Hidroneumático para la extracción de Agua en pozo Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia

Fotografía 18: Derecha. Bomba y tanque Hidroneumático para la extracción de Agua en pozo Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 19: Izquierda. Ubicación de la Instalación de Bomba y tanque Hidroneumático para la extracción de Agua en pozo Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia

## 2.6 Impacto en aves por la presencia de cables

La variedad de aves que habitan en la región se ven afectadas por la presencia del cableado que conduce la energía eléctrica, el cual se encuentra en mal estado y sin funcionamiento desde hace meses.

Fotografía 20: Derecha  
Instalación de energía eléctrica Cables de  
instalación  
Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 21: Arriba  
Instalación de Acometida de Energía eléctrica  
Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Fotografía 22: Arriba  
Instalación de energía eléctrica Alumbrado  
Publico  
Situación actual  
Imagen CEMA Monterrico,  
Fuente propia



Los edificios han de diseñarse para admitir y no rechazar la energía natural y almacenarla para luego liberarla en los momentos oportunos.



Fotografía 23: Arriba  
Condiciones Ambientales  
Situación actual

El Clima es un factor determinante en las vidas de las personas del lugar, no solo desempeña un importante papel en la composición del terreno, sino también influye en las características de las plantas, animales, en las actividades de los hombres, su naturaleza y su cultura.

Dentro del área a trabajar que básicamente se encuentra ubicada sobre un terreno de condiciones un poco estables por ser en un gran porcentaje de tipo arenoso, y en sus alrededores se encuentra una variedad en la vegetación la cual cuenta con vegetación de condiciones tropicales así mismo con vegetación que no es precisamente proveniente de un área calida y que se ha acomodado adecuadamente sin ser precisamente de bosque tropical.



Fotografía 24: Arriba  
Condiciones Ambientales: La vegetación que se muestra en esta fotografía esta formada por una gran variedad de árboles frondosos de raíz profunda para poder ser estable sobre el terreno que básicamente en su totalidad es de tipo arenoso. Situación actual Imagen CEMA Monterrico, Fuente propia

El aprovechamiento de estas condiciones es preciso ya que permite el desarrollo del proyecto propuesto dentro de esta investigación y que da como resultado una fuente de energía alternativa que solucionara las condiciones del centro de estudios del mar de la Universidad de San Carlos de Guatemala de esa localidad.

A continuación se muestran los valores promedio de temperatura, humedad, lluvias, etc., todos ellos promediados por año a partir de 1990.

DATOS CLIMATICOS ANUALES PROMEDIO										
PUERTO DE SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA										
AÑO	TEMP. MEDIA	TEMP. MAXIMA	TEMP. PROMEDIO	TEM. MAX. ABS.	TEM. MIN. ABS.	HUMEDAD RELATIVA MEDIA	LLUVIA	LLUVIA	NUBOSIDAD	PRESION ATMOSFERICA
	°C	°C	°C	°C	°C	%	mm	días	Octas	mm
1990	27,1	33.1	21.0	35.2	18.6	82	1606.5	115	4	757.3
1991	27.0	33.4	21.1	35.6	18.6	82	1049.1	89	4	757.1
1992	27.5	33.3	21.2	35.2	19.1	78	1712.7	101	4	756.8
1993	27.4	33.0	21.6	34.8	18.9	77	1743.4	120	3	759.1
1994	27.6	33.6	21.5	35.4	18.5	75	1172.4	91	3	756.9
1995	27.3	32.6	21.7	34.9	19.7	78	1511.1	110	4	759.1
1996	27.1	32.1	21.3	34.4	18.8	76	1560.5	91	4	757.9
1997	27.6	32.6	19.8	34.9	19.3	75	2051.8	95	4	757.4
1998	27.7	32.4	19.8	34.7	18.7	76	2655.0	95	4	755.4
1999	26.9	31.4	21.2	34.0	18.2	76	1919.8	107	4	758.6
2000	26.8	31.9	20.4	35.0	19.3	75	1446.0	98	4	760.3
2001	27.7	32.9	21.2	35.8	18.1	75	1094.0	86	4	758.3
2002	28.0	33.6	21.8	35.9	19.5	76	1167.6	89	4	758.2
PROMEDIO	27.4	32.8	20.9	40.0	13.0	77	1640.6	101		
DESV.EST	0.3					3	448.5			

Tabla 1 Arriba  
 Datos climáticos anuales promedio en el Puerto de San José, Departamento de Escuintla, Guatemala  
 CEMA Monterrico, Fuente elaboración propia

Los datos que aparecen en la tabla fueron proporcionados por el INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, vulcanología, meteorología e Hidrología de Guatemala).



### **3. Análisis de Diversas Soluciones para la mejora de las Instalaciones del CEMA Monterrico**

Dentro del marco de propuestas para mejorar las condiciones actuales del centro bajo estudio surge la necesidad de rediseñar los edificios existentes tratando de no perder de vista el entorno de la región, utilizando parámetros bioclimáticos y dotando a la estación de una planta generadora de energía renovable que sirva además como una demostración educativa tanto a la Universidad de San Carlos como a otras entidades que quieran ayudar al país en el ahorro energético y en la no contaminación ambiental.

Actualmente La Universidad de San Carlos esta llevando a cabo una remodelación de los ranchos existentes, con el fin de rehabilitarlos y nuevamente hacer uso de las instalaciones ya que por problemas con el suministro de energía eléctrica la estación estuvo sin funcionar durante más de un año y esto provoco el deterioro del sistema constructivo. Los grandes problemas que experimenta esta Estación, pueden evidenciarse desde la precaria situación de los edificios existentes hasta la falta de dinero para cancelar los servicios básicos con los que cuenta, tal es el caso de la luz eléctrica.

La propuesta general que este trabajo de tesis pretende llevar a cabo se basa en la premisa de desarrollar una planta de captación de energía que provenga de el uso de energías renovables como lo son el viento o la luz solar que sirva para abastecer a la Estación CEMA Monterrico, generando un ingreso económico y que a la vez sea un ejemplo para los habitantes de la región en lo referente a la captación de energía utilizando otros medios distintos del uso del crudo, dicha planta se complementa con la construcción de un edificio nuevo que toma en cuenta en su diseño a la Arquitectura solar pasiva o Bioclimática con el fin de desarrollar un nuevo sistema energéticamente eficiente.

Dentro de los parámetros a seguir en la construcción del nuevo edificio se deberán tomar en cuenta los criterios de la Bioclimática y el uso de las diversas energías renovables, a continuación se analizan las más apropiadas para este estudio.

### 3.1 Uso de diversas energías renovables

#### 3.1.1 Captación de energía eólica de pequeña potencia



Fotografía 25: Arriba  
Captación de energía eólica de  
pequeña potencia

La energía eólica es una alternativa para la producción de electricidad a partir de la fuerza del viento, la conversión se lleva a cabo por medio de un aerogenerador o generador eólico, este sistema mecánico de generación consiste en la rotación de palas (al igual que los antiguos molinos de viento), las cuales junto a un generador eléctrico que puede ser un dinamo o un alternador son los encargados de la captación.

Algunas de las ventajas de este sistema son el hecho de que solo se necesita la inversión inicial, ya que una vez realizada la instalación no se originan gastos posteriores, además no utiliza combustibles por lo que no se deben tener provisiones del mismo y se evita el peligro de su almacenamiento.

La electricidad que se obtiene en este tipo de generación es de bajo voltaje por lo que se evita el riesgo de accidentes, además la energía se produce y consume en el mismo sitio por lo que no es necesario el uso de transformadores, canalizaciones subterráneas o redes de distribución.



Fotografía 26: Arriba  
Captación de energía eólica con varios  
aerogeneradores

La energía solar y la energía eólica se complementan entre sí por lo que pueden fácilmente instalarse de manera conjunta si esto fuera necesario.

La diferencia entre la energía eólica y la energía mini eólica radica en los porcentajes de generación y en la cantidad de generadores a instalar, esto de acuerdo a las necesidades, por ejemplo la capacidad de producción de una instalación mini eólica va desde los 10 hasta 100 kilovatios.

El impacto visual de una planta mini eólica es mucho menor que el de los aerogeneradores de una planta eólica ya que esta se puede instalar en los techos de los edificios lo cual hace posible su uso en lugares de acceso complicado.

Para la generación de energía renovable en la Estación Monterrico, lo más apropiado es hablar de Mini eólica, ya que las necesidades de producción no demandan una cantidad muy elevada de la misma.



Fotografía 27: Arriba  
Captación de energía eólica con un Aerogenerador,  
Ruta a Palin Escuintla  
Fuente: Elaboración Propia

Para la utilización de este tipo de aerogenerador debe contarse además con un acumulador o batería que permitirá disponer de energía en días sin viento ya que estos la almacenan y permiten contar todo el tiempo con un voltaje razonablemente constante.

Se debe tener en cuenta que la batería o acumulador puede mantener el consumo de la instalación durante un número de días determinado, de acuerdo a su capacidad, por lo tanto debe planificarse cuidadosamente las dimensiones de la misma sin perder de vista el punto económico, ya que a mayor tamaño, mayor inversión.

Al sistema debe adicionársele un regulador de carga, que evitara una sobrecarga o bien una descarga en la batería que asegura un trabajo en la máxima eficiencia.

Los equipos de iluminación y los electrodomésticos que se utilizan con este tipo de energía deben ser de bajo consumo y elevado rendimiento, que soporten variaciones de tensión y estar dotados de un inversor CC/CA (de corriente continua a alterna) que transforma la corriente producida por la batería.

### 3.1.2 Desventajas de uso de la energía eólica

La energía eólica produce un impacto visual inevitable desde el punto de vista estético ya que requiere el uso de maquinaria que va incrementando su tamaño en función de las necesidades de captación, la altura puede llegar a igualar a un edificio de diez o más pisos y el tamaño de las aspas alcanza hasta veinte metros lo cual encarece su producción, si a esto se le agrega la condición del ruido producido por el giro del rotor el impacto negativo es mucho mayor.



Fotografía 28: Arriba  
Captación de energía eólica con un  
Aerogenerador,  
Ruta a Palin Escuintla

Debido a la extensa variedad de aves que habitan la región sur del país y especialmente el área protegida de Monterrico, el uso de los aerogeneradores supone un peligro adicional ya que el riesgo de mortandad de las aves al impactar con las palas es elevado y a pesar de que existen soluciones alternativas para este tipo de problema es algo que no se puede evitar en un cien por ciento.

### 3.1.3 Captación de energía solar térmica

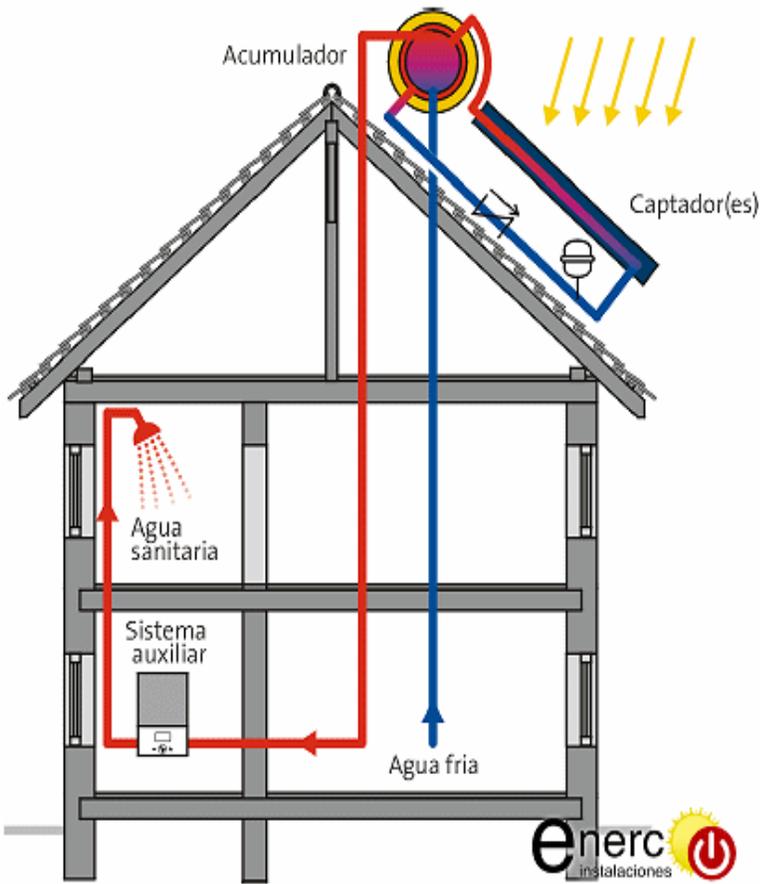


Fotografía 29: Arriba  
Captación de energía solar térmica  
Fuente: [www.soldeciudad.com](http://www.soldeciudad.com)

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía nos proporciona una, que puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovecharla de forma racional, esta es la llamada energía solar.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que la humanidad va a consumir. Esta energía puede aprovecharse siendo convertida en electricidad.

Esta fuente energética es inagotable, limpia, gratuita y puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo y otras energías poco seguras y contaminantes.



La energía solar puede aprovecharse como energía solar térmica y como energía solar fotovoltaica. La energía fotovoltaica utiliza la radiación solar para la generación de electricidad aprovechando las propiedades físicas de materiales conductores. A diferencia de ella, la energía térmica utiliza directamente la energía producida por el sol para calentar un fluido.

Los usos fundamentales que puede brindar la energía térmica pueden catalogarse como la producción de electricidad en grandes centrales y otras aplicaciones menores como aplicaciones domésticas o industriales las cuales recuperan directamente el calor de la radiación solar.

Imagen V: Arriba  
Captación de energía solar térmica  
Fuente: [www.enercinstalaciones.com](http://www.enercinstalaciones.com)

Cuando la radiación solar atraviesa la tierra produce una cierta intensidad de energía utilizable la cual es condicionada por la temperatura a la cual se va a aprovechar. Según su utilización la temperatura puede clasificarse en: baja, media o alta y solamente la que se clasifica como alta es válida para la producción de energía eléctrica.

La forma de producción de electricidad por energía solar térmica puede ser de alta o baja concentración, pero ambas trabajan bajo el mismo parámetro, que consiste en calentar un fluido que al evaporarse hará mover una turbina.

De ahí en adelante funcionan de la misma forma que una central de generación de electricidad cualquiera con la diferencia de su fuente de combustible, el Sol.

Constructivamente, es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas, de 300 ° C hasta 1000 ° C, y obtener así un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, que no se podría obtener con temperaturas más bajas. La captación y concentración de los rayos solares se hacen por medio de espejos con orientación automática que apuntan a una torre central donde se calienta el fluido, o con mecanismos más pequeños de geometría parabólica. El conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación se denomina heliostato.

Este tipo de energía es utilizado actualmente por muchos países dentro del continente americano presenta un rendimiento global que está en un rango de 16 – 20%.

La energía solar térmica puede aprovecharse además para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea en forma de agua caliente sanitaria o de calefacción. Además de su uso como agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración (mediante máquina de absorción), el uso de placas solares térmicas (generalmente de materiales baratos como el polipropileno) ha proliferado para el calentamiento de piscinas exteriores residenciales, en países donde la legislación impide el uso de energías de otro tipo para este fin.

### 3.1.4 Desventajas de uso de la energía solar térmica

Uno de los grandes inconvenientes de la energía solar es que no permanece continua todo el tiempo y si a esto se le añade que los captadores térmicos solamente pueden captar radiación solar directa, significa entonces que la presencia de nubes entorpece la captación, por lo que se hace necesario el uso de acumuladores para almacenar la energía.

Otro inconveniente es la contaminación visual producida por los captadores ya que la cantidad y la forma en que se coloquen va a depender del aprovechamiento solar que se requiera.

Por otra parte si se le da prioridad al factor estético entonces puede disminuir la cantidad de energía generada.

### 3.1.5 Captación de energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica la cual también proviene del sol utiliza la radiación solar directa para la generación de electricidad mediante un dispositivo electrónico llamado "célula solar". Las células fotovoltaicas de silicio tienen la capacidad de convertir directamente la luz solar que incide sobre ellas en energía. Cuanto mayor sea la luz que reciban,

Fotografía 30: Derecha Sistema fotovoltaico, aislado



mayor es la energía que producen.

Esta conversión de la energía de luz en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico, este fenómeno se produce al incidir la luz sobre ciertos materiales semiconductores, de tal modo que se genera un flujo de electrones en el interior de la célula, creando una corriente eléctrica.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de células solares las cuales se interconectan entre si formando módulos los cuales se agrupan para obtener mayores cantidades de energía. La electricidad generada por el sistema fotovoltaico depende fundamentalmente del tipo y cantidad de módulos instalados, de su orientación e inclinación, y de la radiación solar que les llegue.

Los módulos fotovoltaicos pueden instalarse en las terrazas, las fachadas, las ventanas, los balcones o en los patios. Su localización óptima será aquella en donde no existan obstáculos que les puedan dar sombra, por lo menos en las horas centrales del día, como ejemplo: árboles, otros módulos, otros edificios, etc.

Un aspecto fundamental es la inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos p la cual es recomendable que sea superior a los 15 grados para permitir que el agua de lluvia escurra.

Los módulos fotovoltaicos pueden instalarse en edificios existentes, pero lo mejor para tener una adecuada integración arquitectónica es incluirlos en un proyecto nuevo, ya que así de forma más avanzada, las células fotovoltaicas se pueden integrar en los elementos arquitectónicos como módulos multifuncionales, que unen las cualidades de un elemento constructivo, la estética, la generación de electricidad solar, la producción de energía térmica y el control de la luz de día.



La superficie mínima que debe disponer un edificio con este tipo de instalación dependerá de la potencia que se quiera instalar y del tipo de módulos que se utilice, por lo general cada kilovatio-pico de módulos ocupa una superficie de aproximadamente 10 metros cuadrados.

Se distinguen dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica: los sistemas aislados o autónomos y los sistemas conectados a red.

Fotografía 31.: Arriba  
Proyectos de captación de energía solar  
fotovoltaica en Guatemala  
Fuente: Boletín de Prensa

### 3.1.6 Sistemas conectados a red

En un sistema fotovoltaico de conexión a red, la energía del sol se recoge mediante los módulos fotovoltaicos y se inyecta a la red eléctrica tradicional. Así la energía producida por dicho sistema pasa a alimentar a la red eléctrica, convirtiendo esta en una energía limpia que se consume de la misma forma que la energía eléctrica tradicional y que se distribuye en la misma. El consumo eléctrico se sigue realizando de la red tradicional.

Si en el lugar en donde planea instalarse un sistema fotovoltaico se dispone de red eléctrica, entonces el objetivo del autoabastecimiento se complementa con la producción.

En las instalaciones conectadas a la red eléctrica, la energía generada por los módulos fotovoltaicos es transformada en corriente alterna mediante un equipo llamado inversor para luego verterla a la red eléctrica de distribución en el punto de conexión el cual generalmente ya existe.

Los módulos fotovoltaicos generan electricidad durante todo el año, mientras llegue radiación solar. Normalmente en verano se genera más electricidad debido a la mayor duración del tiempo soleado, cuando no hay generación o sea por las noches, entonces el sistema toma energía de la red convencional y esto permite que la electricidad no falte en ningún momento.

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de la intensidad de la radiación solar, no del calor, por lo tanto, el frío no representa ningún problema para el aprovechamiento fotovoltaico, en los días nublados también se genera electricidad, aunque el rendimiento energético se reduce proporcionalmente a la disminución de la intensidad de la radiación.

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo, y de carácter preventivo; no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricación. Un aspecto importante es la proximidad de los sistemas a las chimeneas ya que la posible deposición de hollín sobre los paneles disminuye el rendimiento.

Ya que una instalación fotovoltaica funciona como cualquier otro tipo de instalación eléctrica de baja tensión, hay que tomar en cuenta la posibilidad de una descarga eléctrica o cortocircuito, para evitarlo debe de montarse en las instalaciones algún tipo de dispositivo de protección, además de la conexión a tierra de todos los elementos metálicos. La finalidad de conectar a la red eléctrica una instalación fotovoltaica es poder vender toda la producción para que, progresivamente, el porcentaje de energía limpia que se consume de la red vaya ampliándose. Conectando una instalación fotovoltaica a la red eléctrica convencional conseguimos convertirla en una pequeña central productora.



Fotografía 32: Arriba  
Proyecto Piloto de captación de energía solar fotovoltaica en el edificio del Ministerio de Energía y Minas en Guatemala  
Fuente: Boletín de Prensa

El precio de venta de la energía producida en Guatemala aun no esta subvencionado pero en países como España, el precio puede llegar hasta 5.75 veces el precio de la compra base.

El precio de compra de la energía eléctrica producida depende de la potencia de la instalación:

En el caso particular de la Estación CEMA Monterrico, la red general esta instalada en el lugar por lo que es conveniente vender toda la electricidad generada a la compañía y así producir un beneficio económico para la misma.

### 3.1.7 Desventajas de uso de la energía solar fotovoltaica

La generación de energía solar fotovoltaica como tal presenta más ventajas que inconvenientes. Dentro de los inconvenientes se puede mencionar la inversión económica que se hace al inicio con la colocación de los módulos fotovoltaicos aunque la crisis del petróleo y el alza de los precios de los combustibles demuestran que con el paso del tiempo resulta una mejor inversión el uso de los mismos.

Otro inconveniente que presenta este sistema es que en su fabricación se desechan restos de silicio los cuales si no se almacenan de forma correcta pueden convertirse en pequeños depósitos contaminantes.

## 3.2 Diseño del nuevo edificio con tomando en cuenta criterios bioclimáticos

### 3.2.1 Arquitectura Solar Pasiva

La Arquitectura Solar Pasiva, también conocida como bioclimática incluye el modelado, selección y uso de una correcta tecnología solar pasiva, que mantenga el entorno de una vivienda a una temperatura agradable, por medio del Sol, durante todos los días del año. Como resultado, se minimiza el uso de la tecnología solar activa, las energías renovables y sobre todo, las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

El aprovechamiento de la energía solar por medio de elementos pasivos no es otra cosa que la recuperación de la planificación y la construcción acordes con el clima. Los fundamentos de la construcción con arreglo al sol coinciden simplemente con las leyes físicas de radiación, captación, acumulación y distribución del calor. Los ejemplos históricos -surgidos en una época



sin una oferta excesiva de medios auxiliares técnicos- ya nos muestran en muchas ocasiones aquellos principios que desgraciadamente hemos olvidado y que nos esforzamos ahora por descubrir de nuevo como aprovechamiento pasivo de la energía solar.

Para el diseño del nuevo edificio que formaran parte del CEMA en Monterrico, se tendrá en cuenta el uso de la arquitectura bioclimática.

Fotografía 33: Arriba  
Proyecto de vivienda energéticamente eficiente  
Fuente: [www.aeciteis.com](http://www.aeciteis.com)

Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro de energía e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el costo de la construcción puede ser mayor, esto puede llegar a ser rentable, ya que el incremento al inicio se compensa con la disminución en los recibos de energía.

El diseño de una vivienda construida con criterios bioclimáticos consiste en aprovechar al máximo la energía térmica del sol cuando el clima es frío, por ejemplo para calefacción y agua caliente sanitaria, además de aprovechar el efecto invernadero de los cristales y crear un buen aislamiento térmico.

Cuando el clima es cálido lo tradicional es hacer muros más anchos, y tener el tejado y la fachada de la casa con colores claros, poner toldos y cristales especiales como doble cristal y tener buena ventilación. Las ventanas pequeñas, en lugares cálidos, dejan entrar menos radiación solar en verano, evitando el efecto invernadero.

Por el contrario, este efecto es beneficioso en lugares fríos o en el invierno, por eso tradicionalmente, en lugares fríos las ventanas son más grandes que en los cálidos.

Un edificio energéticamente eficiente es aquel que minimiza el uso de las energías convencionales (en particular la energía no renovable), a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la misma.

Los sistemas pasivos se distinguen de los activos por la falta de bombas mecánicas o ventiladores, que se necesitan para mantener el flujo de un fluido intercambiador de calor por vía forzada. Muchas veces los elementos del sistema tienen una gran vinculación con los elementos arquitectónicos pudiendo desempeñar varias funciones a la vez. Por ejemplo, una ventana orientada al sur, sirve para captar calor, y al mismo tiempo proporciona vista al exterior, iluminación natural y aireación (regulación). También los muros del edificio sirven tanto para la acumulación del calor como de construcción soportante.

La orientación en la construcción. Teniendo en cuenta la climatología local, se puede construir una casa orientándola de forma que reciba la mayor cantidad de radiación solar anual, evitando sombras en invierno y protegiéndola del exceso de radiación en verano. También se pueden utilizar técnicas basadas en recubrimientos vegetales.

Características de la construcción. La forma del edificio y su envolvente determinan la cantidad de superficie expuesta a la radiación solar, ajustando ésta a las necesidades deseadas. Las propiedades de los materiales de construcción elegidos, sirven para regular la absorción, reflexión o transmisión de la energía captada.

Uso del entorno. La utilización de elementos naturales como árboles y plantas puede resultar útil para crear zonas de refrescamiento en verano y un escudo naturales como árboles y plantas puede resultar útil para crear zonas de refrescamiento en verano y un escudo de protección del viento en invierno.

### 3.2.2 Climatización

La región sur del pacífico de Guatemala como ya se menciona en el capítulo anterior se ve afectada por temperaturas extremas en verano y con copiosas lluvias durante el invierno por lo que se hace necesario recurrir a la climatización de los edificios ya sea con el uso de refrigeración o bien de calefacción en donde fuera necesario.

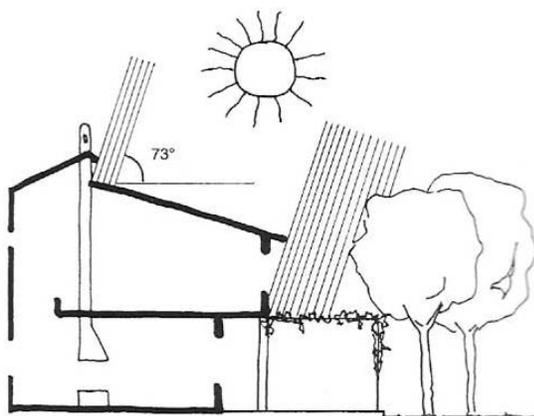
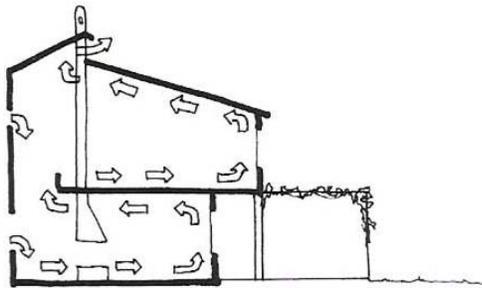
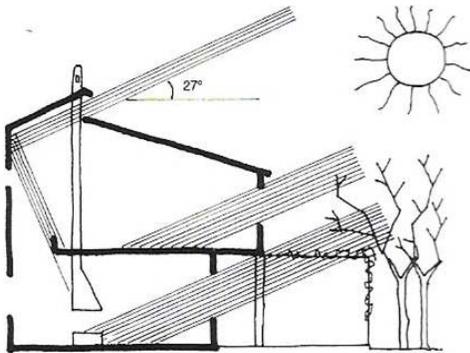


Imagen VI: Arriba  
Caracterización de proyecto energéticamente  
eficiente con el manejo del confort interno  
Fuente: Elaboración Propia

Los grandes edificios de oficinas se caracterizan por sus elevadas cargas internas de calor, originadas por la iluminación, equipos ofimáticos y grado de ocupación. Por otra parte sus fachadas suelen tener orientaciones diferentes. Así se presentan simultáneamente zonas en que debido a la insolación y las cargas internas necesitan ser refrigeradas, mientras que otras zonas del edificio demandan calefacción.

Para este tipo de situaciones suelen emplearse las Bombas de calor que son dispositivos que pueden producir simultáneamente frío y calor tanto de una forma centralizada como descentralizada.

Para su uso en refrigeración, la bomba realiza una transferencia de calor en el sentido contrario que una bomba utilizada para calefacción, es decir desde la aplicación que requiere frío al entorno que se encuentra a temperatura superior.

En la actualidad la utilización de Bombas de Calor suponen un ahorro energético y reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las Bombas de Calor consumen menos energía primaria que cualquier otro sistema pero hay que tener en cuenta como se genera la energía eléctrica que consumen las bombas de calor para saber si de verdad no contaminan. Si la energía eléctrica proviene de fuentes como la hidroeléctrica ó eólica, entonces la contaminación es nula, pero si son de otras como las térmicas es evidente que existe esa contaminación.

El más importante es el que se refiere a nuestros patrones de consumo, todo nuestro sistema de vida gira en torno al mismo, actividad que obviamente necesitamos ejecutar para subsistir. Sin embargo, en los últimos años hemos degenerado en nuestra forma de obtener los insumos necesarios para subsistir, ocasionando daños irreversibles al ambiente que inciden directamente en el comportamiento

climático del planeta.

Es por ello que se debe de utilizar un medio alternativo en donde no se afecte el medio ambiente. Aprovechando la situación o circunstancias ambientales y así poder generar energía que sea aprovechada entorno a las actividades cotidianas y producir simultáneamente una fuente que genere un ahorro al medio que ya se utiliza actualmente,

Y en segundo lugar, pero muy relacionado al anterior, hay que mencionar el impacto que produce en el ambiente el centrar la producción energética en combustibles fósiles, lo cual implica no solo las gasolinas para automóviles, motores industriales, aviones, y sobre todo aquellos combustibles utilizados para generar energía eléctrica para hacer funcionar las grandes ciudades con sus requerimientos tecnológicos y su incansable ritmo de vida, que exige iluminación las 24 horas del día. Sin olvidar toda aquella energía utilizada en crear condiciones climáticas artificiales, calefacción y aire acondicionado, aun en condiciones climáticas favorables como en la ciudad de Guatemala.

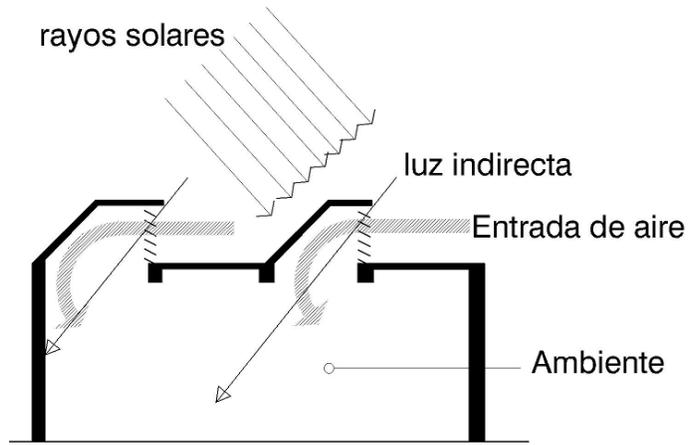


Imagen VII: Arriba  
Aprovechamiento según Orientación del Edificio Y  
Manejo del Confort interno que produce menor Impacto  
Ambiental y Aumenta el Aprovechamiento de los  
Recursos del Lugar.  
Fuente: Elaboración Propia

Una de las funciones que tiene el proyecto propuesto es el aprovechamiento de un medio alternativo de ahorro de energía buscando el confort dentro del mismo de tal manera se hace el uso de **La arquitectura bioclimática** que consiste en el diseño de los edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el coste de construcción puede ser mayor, puede ser rentable, ya que el incremento de la vivienda se compensa con la disminución de los recibos de energía.

El hecho de que la construcción hoy en día no tenga en cuenta los aspectos bioclimáticos, se une al poco respeto por el ambiente que inunda a los países desarrollados y en vías de desarrollo, que no ponen los suficientes medios para frenar el desastre ecológico que dejamos a nuestro paso.

### **Adaptación a la temperatura**

Es quizá en este punto donde es más común incidir cuando se habla de arquitectura bioclimática. Lo más habitual, es aprovechar al máximo la energía térmica del sol cuando el clima es frío, por ejemplo para calefacción y agua caliente sanitaria. Aprovechar el efecto invernadero de los cristales. Tener las mínimas pérdidas de calor (buen aislamiento térmico) si hay algún elemento calefactor.

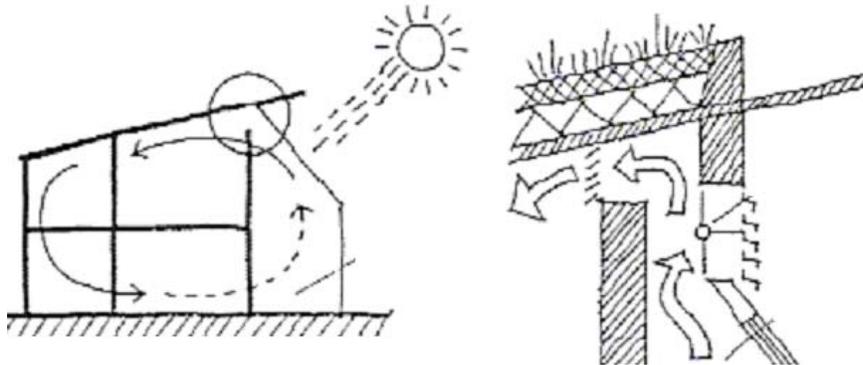


Imagen VIII: Arriba  
 Aprovechamiento según Orientación del Edificio Y Manejo del Confort interno  
 que produce menor Impacto Ambiental y Aumenta el Aprovechamiento de  
 los Recursos del Lugar.  
 Fuente: Elaboración Propia

Cuando el clima es cálido lo tradicional es hacer muros más anchos, y tener el tejado y la fachada de la casa con colores claros. Poner toldos y cristales especiales como doble cristal y tener buena ventilación son otras soluciones. En el caso de usar algún sistema de refrigeración, aislar la vivienda.

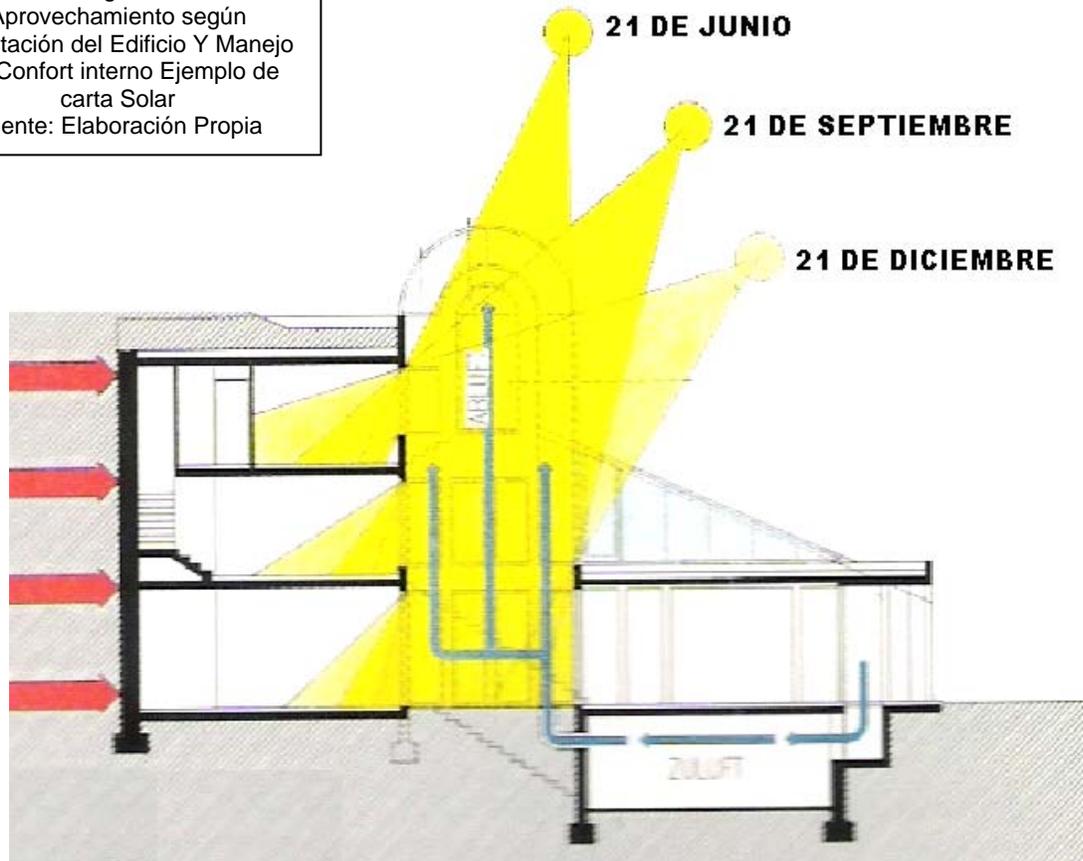
Contar delante de una vivienda con un gran árbol de hoja caduca que tape el sol en verano y en invierno lo permita también sería una solución bioclimática.

Las energías alternativas en la arquitectura implica el uso de dispositivos solares activos, tales como paneles fotovoltaicos o generadores eólicos ayudan a proporcionar electricidad sustentable para cualquier uso. Si los techos tendrán pendientes hay que tratar de ubicarlas hacia el mediodía solar con una pendiente tal que optimice la captación de la energía solar a fin que los paneles fotovoltaicos generen con la eficacia máxima. Para conocer la pendiente óptima del panel fotovoltaico en invierno (cuando el día es más corto y la radiación solar más débil) hay que restar al valor de la latitud del lugar el ángulo de la altura del sol. La altura del sol la obtendremos de una carta solar. Se han construido edificios que incluso se mueven a través del día para seguir el sol. Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente con tamaños menores a 8 m de diámetro.

Los edificios que utilizan una combinación de estos métodos alcanzan la meta más alta que consiste en una demanda de energía cero y en los '80 se denominaban autosuficientes. Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en edificios.

Con una orientación de los huecos acristalados al sur en el Hemisferio Norte, o al norte en el Hemisferio Sur, esto es, hacia el ecuador, se capta más radiación solar en invierno y menos en verano, aunque para las zonas más cálidas (con temperaturas promedio superiores a los 25°C) es sustancialmente más conveniente colocar los acristalamientos en el sentido opuesto, esto es, dándole la espalda al Ecuador; de esta forma en el Verano, la cara acristalada sólo será irradiada por el Sol en los primeros instantes del alba y en los últimos momentos del ocaso, y en el Invierno el Sol nunca bañará esta fachada, reduciendo el flujo calorífico al mínimo y permitiendo utilizar conceptos de diseño arquitectónico propios del uso del cristal.

Imagen IX  
Aprovechamiento según  
Orientación del Edificio Y Manejo  
del Confort interno Ejemplo de  
carta Solar  
Fuente: Elaboración Propia



### 3.2.3 Aislamiento Térmico

Definimos el concepto aislamiento térmico como: “La resistencia que oponemos al paso del frío o calor con uno o unos materiales intercalados en un cerramiento, con el fin de obtener el confort interior de los edificios. La meta de un aislamiento térmico es conseguir tres objetivos esenciales, ahorro de energía, confort térmico y evitar en lo posible o en su totalidad las condensaciones. (La masa de aire que nos rodea se sabe que contiene cierta cantidad de vapor de agua y que de una manera periódica, coincidiendo con los cambios de estación varía su valor dependiendo de factores como son cercanías de mares, ríos o lagos y de una forma esporádica en locales cerrados por las propias personas al respirar.)

La solución para evitar o eliminar estas condensaciones debe ser un reestudio del tipo de aislamiento y el uso de un espesor correcto tanto en los muros como en las losas del techo.

Dentro de los cerramientos se entiende que son todos aquellos elementos que dividen uno o varios ambientes o crea divisiones ya sea horizontales como cubiertas y entrepisos así como verticales que los conforman los muros y divisiones que permiten la de separaciones de espacios.

El comportamiento térmico de los cerramientos reales depende fundamentalmente del intercambio de calor por radiación, irradiación y convección entre un ambiente y la superficie del cerramiento, y por la conducción y acumulación de calor en el interior del mismo.

La cubierta como envoltura global o cerramiento, permite aislarse de las acciones exteriores y conseguir unas condiciones adecuadas en el interior del edificio permitiendo llevar a cabo todas las actividades internas con bienestar y seguridad.

A menudo, la cubierta es un subsistema al que se le dedica poca atención en el diseño, ya que pasa más desapercibida que otros cerramientos como por ejemplo las fachadas.

### **3.2.4 Reflexiones relativas a las formas de captación propuestas**

El uso de las fuentes de energía renovables sirve de apoyo en redes eléctricas deficitarias, actualmente la estación CEMA Monterrico recibe energía eléctrica suministrada por una compañía privada, los costos de la misma son elevados y muchas veces se carece de fondos para cubrirlos, además debido a las fuertes lluvias que azotan la región, los sistemas encargados de la generación y distribución han quedado fuera de servicio en varias ocasiones dejando fuera de funcionamiento la Estación.

Debido a que el espacio, y la biodiversidad que habita en la reserva se vería en peligro de contaminación y daño con la implementación de aerogeneradores no es aconsejable el uso de la energía mini eólica, precisamente por las rutas de aves migratorias y el intercambio de partículas en el aire. La energía solar térmica necesita para la generación de electricidad que la energía solar permanezca continua puesto que los captadores térmicos solamente pueden absorber radiación solar directa, por lo que para tener mayor rendimiento de los paneles se necesitan mayor cantidad de elementos de captación y eso aumenta la contaminación visual e incrementa la necesidad de espacio para su colocación.

Dentro de las Energías Renovables mencionadas anteriormente se sugiere el uso de la Energía Solar fotovoltaica, considerando ésta como una de las energías limpias más eficientes precisamente por las características territoriales del entorno y que al mismo tiempo permiten la integración al conjunto arquitectónico con un diseño bioclimático, específico del área.

#### **4. Propuesta concreta de una solución energética integral como medio alternativo**

La propuesta de una readecuación del conjunto de edificios existentes en las instalaciones del CEMA en Monterrico es la solución mas adecuada para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación así como para continuar cumpliendo con la misión y visión que este centro tiene como objetivo.

Dentro de los cambios propuestos en este documento se pueden mencionar los siguientes:

##### **4.1 Análisis de contexto para el diseño de nuevas construcciones en las instalaciones del Cema, Monterrico.**

Para la realización de esta fase, se deberá analizar el contexto en el que se encuentran los edificios que están en estado de deterioro reconstruyendo algunos De ellos en su totalidad, ya este proceso se esta llevando a cabo por parte de la unidad de Servicios de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En este trabajo se harán recomendaciones que ayuden a mejorar el entorno de los edificios que ya están siendo remodelados y se propone la construcción de uno totalmente nuevo. Este edificio será diseñado tomando en cuenta la Arquitectura bioclimatica y contara además con una planta generadora de energía solar fotovoltaica.

La realización del diseño de un edificio bioclimático energéticamente eficiente. pretende sentar las bases para construir edificios de manera que con un consumo mínimo de energía renovable y/o convencional se mantengan constantes las condiciones de confort requeridas, utilizando sistemas y técnicas conocidas, adaptándolas a la manera de construir actual y otras nuevas provenientes de proyectos de investigación llevados a cabo en los últimos años. Para ello debe considerarse algunas estrategias de diseño como las siguientes: Primero se establecerán las condiciones ambientales del entorno.

#### 4.1.1 Delimitación de la zona

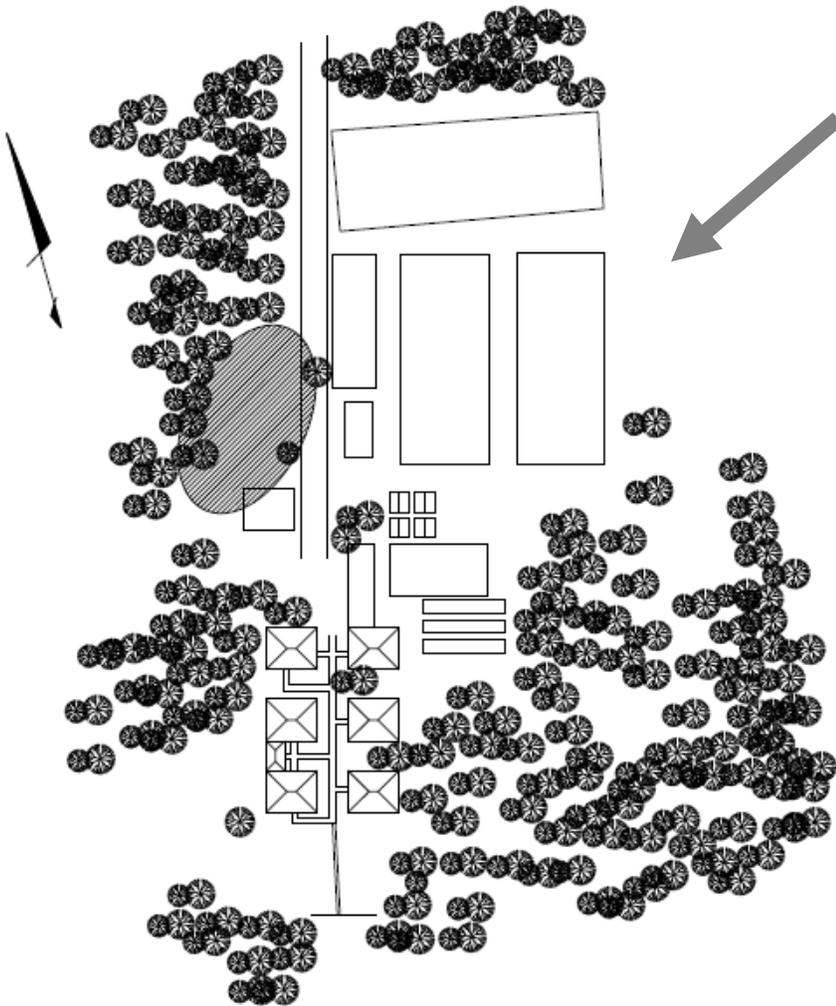


Imagen X: Arriba  
Delimitación del Lugar de estudio  
Fuente: Elaboración Propia

El Territorio y Área a utilizar cuenta con 19 Manzanas de terreno con características arenosas y 3 de ellas Conforman lo que hoy en día es CEMA el centro de estudios del Mar en Monterrico el cual Pertenece a la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Fotografía 34: Arriba.  
Vegetación existente  
Fuente: Elaboración Propia

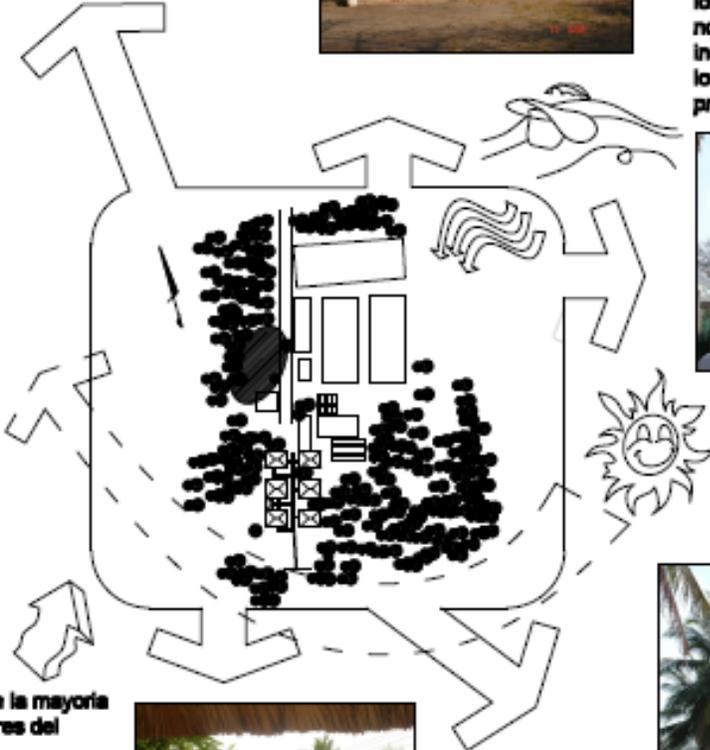
#### 4.1.2 Descripción detallada de elementos que conforman la zona

Dentro del área a trabajar que básicamente se encuentra ubicada sobre un terreno de condiciones un poco estables por ser en un gran porcentaje de tipo arenoso




Es administrada por el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala CECON-USAC.

los vientos principales provienen del nor-este y van hacia el sur con una inclinación de catorce grados con-este los cuales recorren a una velocidad promedio anual.




Su clima se clasifica como cálido seco, de tipo subtropical. Su temperatura oscila entre 30 y 33 grados centígrados, con un promedio anual de lluvia de 1,414 milímetros.

Como en la mayoría de Lugares del Territorio Guatemalteco se cuenta con vientos secundarios que recorren el territorio de sur a norte



La aldea de Montarrico en el departamento de Santa Rosa se caracteriza por sus condiciones tropicales en concepto de temperatura, humedad, salinidad, etc. La existencia de los manglares y su cercanía al océano le dan características poco comunes dentro de la región en comparación con otras zonas cercanas, por ejemplo la variedad de vegetación, la fauna y la flora además de la diversidad de especies marinas.



A sus alrededores se encuentra una variedad en la vegetación la cual cuenta con vegetación de condiciones tropicales así mismo con vegetación que no es precisamente proveniente de un área cálida

Fotografía 35: Arriba  
Análisis de contexto  
Fuente: Elaboración Propia

El edificio debe ser considerado como un sistema energético ya que realiza las funciones de captación, almacenamiento y conservación de los recursos de su entorno, fundamentalmente los procedentes del sol. Esto se consigue mediante componentes que captan la energía solar y la transmiten al interior del edificio.

El objetivo que se persigue con el análisis realizado es la construcción de un edificio que reduzca sensiblemente la demanda de energía convencional y las emisiones de bióxido de carbono y otros agentes contaminantes a la naturaleza. Como consecuencia de esto, al momento de hacer el diseño se tomaron en cuenta técnicas y estrategias pasivas para que los edificios sean capaces de limitar al máximo sus necesidades energéticas tanto en el invierno como en el verano mediante el aprovechamiento racional de la energía solar en épocas de poco calor y el aislamiento en épocas en las cuales el calor es excesivo.

La ubicación del nuevo edificio se hará en un lugar en donde no exista obstrucción solar en el entorno ya sea por otro edificio existente o bien por la vegetación y luego se acompañara con plantas ornamentales que se colocaran a su alrededor para el aprovechamiento y la aplicación de la arquitectura bioclimática como medio alternativo.

Además, se debe diseñar y construir los edificios para que sean respetuosos con el ambiente y con la naturaleza, es decir, edificios que se comporten con la máxima eficiencia energética.

La integración de módulos fotovoltaicos en la edificación siempre debería tener en cuenta adicionalmente los criterios de la arquitectura bioclimática y atender a las características particulares de cada climatología, de manera que se asegure que la temperatura de los módulos no se incremente sustancialmente, lo que disminuiría su eficacia, así como para evitar que se produzcan acumulaciones de calor en el edificio que pudieran forzar un significativo aumento del consumo de energía para refrigeración.



Fotografía 36:  
Ubicación de terreno apropiado para la construcción del Nuevo elemento Arquitectónico Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 Estudio de la propuesta de instalación de una planta solar fotovoltaica

El propósito primordial de este trabajo es la necesidad de crear nuevas fuentes de uso de energías renovables en Guatemala por tanto, se pretende proporcionar ideas para que la instalación de la planta solar fotovoltaica se planteen desde el inicio de la concepción del edificio y queden integradas en él, evitando de esa manera la proliferación de elementos claramente ajenos al mismo y que produzcan algún efecto no deseado al paisaje urbano. La planta de captación de energía solar fotovoltaica se conecta a la red existente para lograr un ahorro energético, además de preservar el medio ambiente.

Por supuesto que es fundamental que la captación solar se realice en condiciones optimas, pero además es importante que forme parte del edificio, no como un añadido final, si no constituyendo un todo armónico, integrado y distinto de la suma de las partes que lo componen.

### 4.2.1 Equipo necesario para la colocación de un generador fotovoltaico

Para la generación de energía solar fotovoltaica se necesita un **generador fotovoltaico** el cual consiste en un conjunto de módulos con sus cables (el mismo ya puede comprarse en la ciudad de Guatemala) además de un **inversor** que es el encargado de transformar la electricidad en corriente continua producida por el generador solar en la electricidad con iguales características a las de la red eléctrica que llega a Monterrico. El inversor se instala entre el punto de conexión a red y el generador fotovoltaico.

Cuando la electricidad solar ha sido transformada entonces se inyectara a la red y será registrada por un contador que permitirá saber cuanta energía limpia se ha generado, se necesitara además de otro contador que cuantifique el consumo del inversor fotovoltaico cuando hay ausencia de radiación solar. El suministro de electricidad al edificio se realizara desde la red, con su propio contador, siendo una instalación totalmente independiente y en paralelo con la instalación fotovoltaica.

Como aun no existen en Guatemala leyes que normen lo relativo a las conexiones fotovoltaicas deberá establecerse parámetros que permitan establecer el precio de venta de la electricidad producida por el sistema fotovoltaico a DEORSA. Como el sistema estará conectado a la red entonces el servicio eléctrico de las instalaciones será constante y se seguirán manteniendo las mismas ventajas de seguridad en el suministro pero también algunos inconvenientes como los eventuales cortes de luz.

Cuando los sistemas son conectados a la red tienen muy pocas posibilidades de dañarse, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo, entonces las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista. En muchos casos se pueden prevenir los daños mediante la instalación de elementos de protección como los interruptores magneto térmicos.

Una instalación de energía fotovoltaica se caracteriza por su simplicidad, silencio, larga duración, requerir muy poco mantenimiento y una elevada fiabilidad. La recuperación del consumo energético realizado en la fabricación de los paneles se contabiliza en dos a tres años de funcionamiento y no produce daños al medio ambiente. Se trata de una tecnología renovable de generación de electricidad fácilmente instalable y cuya producción puede

distribuirse directamente en los puntos de consumo de nuestros pueblos y ciudades, donde y cuando se consume la mayoría de electricidad del país.

## **4.2.2 Características de la planta de captación**

### **4.2.2.1 Potencia**

La potencia en vatios pico del módulo corresponde, aproximadamente a la potencia máxima que puede generar. Para el caso particular de la instalación en Monterrico se tomará como referencia una instalación mediana de 30 kilovatios pico como planta tipo, este tipo de generadores se utiliza en electrificaciones conectadas a red en edificios, normalmente integrados en la arquitectura de los mismos y capaces de cubrir las necesidades eléctricas de 10 viviendas medias.

### **4.2.2.2 Disponibilidad**

El combustible solar de los generadores esta disponible solamente en períodos diurnos y con una potencia de generación dependiente de la radiación solar en cada momento.

### **4.2.2.3 Vida útil**

La vida útil de una planta foto voltaica la define la vida útil de sus componentes, principalmente el generador, que constituye más del 50% del valor de la instalación. El mantenimiento es escaso pero necesario para una vida más larga de la instalación y constituye el segundo factor en importancia.

La vida útil de los restantes elementos que componen la planta foto voltaica, inversores y medidores así como los elementos auxiliares, cableado, canalizaciones, cajas de conexión etc., es la vida útil típica de todo tipo electrónico y material eléctrico la cual es compatible con la larga vida útil del generador foto voltaica con adecuado mantenimiento.

## **4.3 Condiciones arquitectónicas**

Lo único que requiere una instalación fotovoltaica es un techo adecuado, el planteamiento hecho puede verse en los planos de referencia, lo esencial es que en la superficie del mismo no se proyecten sombras

Una instalación solar fotovoltaica conectada a red esta integrada por los siguientes elementos:

Estructura metálica soporte.

Generador fotovoltaico, integrado por uno a varios módulos solares.

Cuadro de protecciones (DC/AC).

Uno o varios inversores (DC/AC).

Contador principal de energía (kilovatios hora enviados a la red)

Contador secundario de energía (pequeños consumos de kilovatios hora de los equipos fotovoltaicos para descontar de la red.

## 5. Desarrollo de la Normativa en relación con otros Países de la Región

La producción, transporte y consumo de energía genera importantes impactos ambientales. En ese contexto la Comisión Nacional de Energía, desarrolla esfuerzos destinados a promover y avanzar hacia un desarrollo energético sustentable.

La Comisión Nacional de Energía reconoce la existencia de efectos locales y globales y la importancia de cada uno de ellos en el marco de una estrategia de desarrollo integral del sector.



En el ámbito local, un primer elemento lo constituye el proceso de evaluación ambiental al cual los megaproyectos energéticos deben someterse, con el objeto de minimizar los impactos ambientales de su desarrollo; este proceso es coordinado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Por otro lado, la Comisión Nacional de Energía participa además en la generación de aquellas normas ambientales que pudieran afectar al sector energético.

Internamente la Comisión Nacional de Energía (CNE) desarrolla una serie de estudios orientados al desarrollo de una política energética ambientalmente sustentable.

En relación a los efectos globales, la Comisión Nacional de Energía, ha reconocido la importancia del sector para minimizar los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus consecuencias en el sistema climático, promoviendo una activa participación del sector energético en la estrategia global diseñada por las Naciones Unidas para combatir este fenómeno, participa en conjunto con la CONAMA en las actividades nacionales que se deben implementar para lograr estos objetivos

El crecimiento de la economía nacional, es un factor que inevitablemente lleva a un aumento del consumo energético presionando por un aumento de la oferta energética disponible. Ello se traduce en la ocurrencia de mayores conflictos ambientales derivados de la generación, distribución y uso de la energía.

El desafío de incorporar variables de sustentabilidad en el desarrollo del sistema energético, requiere conciliar el abastecimiento de la creciente demanda de energía, con una protección efectiva del Medio Ambiente. Esto implica avanzar en la equidad intergeneracional, que permita asegurar el derecho de las generaciones venideras por vivir en un medio ambiente sano y libre de contaminación, y al mismo tiempo, no frenar el justo anhelo de alcanzar mejores niveles en la calidad de vida y de un mayor progreso para las actuales generaciones de nuestro país.

Hacer un uso eficiente de la energía surge en este escenario, como un requisito ineludible de todos los actores del mercado energético: productores, consumidores, reguladores, y es una solución concreta que contribuye a una mayor equidad intergeneracional, a mejorar la competitividad de la economía, disminución de impactos ambientales derivados de

una menor producción y consumo de energía, y a reducir a lo estrictamente necesario las expansiones que naturalmente requiera el sistema energético nacional.

Para la instalación del sistema fotovoltaico en Guatemala aun no existen normativas específicas en cuanto a la conexión a red por lo que se hace necesaria la creación de las mismas a manera de sentar un precedente para futuras instalaciones, basándonos en Normativas de otros países cercanos a la región, como por ejemplo la Normativa de la Ciudad de México.

## 6. Evaluación de resultados

El sol es una fuente de energía que el hombre ha utilizado desde el inicio de la historia, es capaz de producir en un año cuatro mil veces mas de la energía que actualmente necesitamos.

Guatemala posee una climatología privilegiada y al igual que el resto de América Central presenta condiciones de recepción de incidencia solar muy similares a los países de la región de España, que será el lugar de donde se tomaran los datos de referencia iniciales.

La región Española recibe una incidencia solar de 1500 kilovatios-hora de energía cuantificada por cada metro cuadrado de suelo, esta energía puede convertirse en otras formas útiles, tal es el caso de la electricidad.

Para producir energía eléctrica se hará uso de módulos solares de 1.50 metros cuadrados, cada modulo de esta dimensión genera un promedio de 0.9 kilovatios-hora en un día, esto referido a regiones con una incidencia solar como la antes mencionada.

Para el diseño de una planta de captación de energía solar como la propuesta para el Cema los resultados obtenidos serán los siguientes:

Área cubierta: 15 metros cuadrados

Total de módulos a utilizar: 10 módulos

Utilizando factores de conversión se obtienen los siguientes resultados:

0.9kilovatios-hora/día/modulo x 10 módulos = 9 kilovatio –hora /día

9 kilovatio-hora/día x 30 días/mes = 270kilovatio-hora/ mes

El precio actual por la producción y distribución de energía eléctrica es de Q1.64 por cada kilovatio hora, por lo tanto una producción de 270 kilovatios hora se paga mensualmente con la cantidad de Q 442.80, esta cantidad representa un ahorro significativo, si se considera que se trata de una planta de captación pequeña la cual servirá como una planta tipo para referenciar el ahorro en el gasto y además la no contaminación ambiental por tratarse de un método de producción energética limpia.

A continuación se presenta una tabla que cuenta con datos aplicables a plantas de mayor capacidad de generación.

<b>Cantidad de Módulos</b>	<b>Energía Generada/Modulo 1.5 x 1.5</b>	<b>Energía Generada/Día</b>	<b>Energía Generada/Mes</b>	<b>Energía Generada/año</b>
	<b>Kwh. / día</b>	<b>Kwh. / día</b>	<b>Kwh. / mes</b>	<b>Kwh. / año</b>
<b>1</b>	<b>0.90</b>	<b>0.9</b>	<b>27</b>	<b>329</b>
<b>10</b>	<b>0.90</b>	<b>9.0</b>	<b>270</b>	<b>3285</b>
<b>20</b>	<b>0.90</b>	<b>18.0</b>	<b>540</b>	<b>6570</b>
<b>30</b>	<b>0.90</b>	<b>27.0</b>	<b>810</b>	<b>9855</b>
<b>40</b>	<b>0.90</b>	<b>36.0</b>	<b>1080</b>	<b>13140</b>
<b>50</b>	<b>0.90</b>	<b>45.0</b>	<b>1350</b>	<b>16425</b>

Tabla 2 Arriba  
Capacidad de generación de energía solar fotovoltaica

## 6.1 Sistemas conectados a red

Actualmente en Guatemala no existen leyes o reglamentos que indiquen la forma de subvencionar este tipo de captación por lo tanto se hará referencia nuevamente a la forma de reglamentación utilizada en países que ya cuentan con este sistema, tal es el caso de España.

En las instalaciones conectadas a red, la energía eléctrica generada por los módulos es transformada en corriente alterna mediante un equipo llamado inversor y es vertida a la red eléctrica de distribución en el punto de conexión (normalmente la acometida existente).

En España el precio de venta de la energía producida está subvencionado y llega hasta 5,75 veces el precio de compra base que se tenga, esto dependiendo de la potencia de la instalación.

Por ejemplo:

- Potencia no superior a 100kWp:

Precio de venta 5.75 veces el precio de la compra.

- Potencia superior a los 100kWp:

Precio de venta 3 veces el precio de la compra.

Es un buen momento para invertir en una instalación fotovoltaica conectada a red, las leyes actuales en ese país obligan a bonificar la energía vendida durante los siguientes 25 años (real decreto RD436/2004), además de contar con unos interesantes beneficios fiscales.

Guatemala ya está en proceso de cambio y es deber de todos contribuir en el fortalecimiento de nuevas formas de captación de energía que además de beneficiar la economía, salvarán el planeta de la inminente contaminación ambiental que ya vivimos.

## CONCLUSIONES

1. Este estudio ha permitido establecer que sí es factible el uso de módulos fotovoltaicos en climas tropicales con alta salinidad debido a que ya han sido establecidos en otros países que cuentan con características climáticas similares a Guatemala.
2. Se estableció que dentro de las alternativas existentes para la producción de energía eléctrica, las plantas solares fotovoltaicas no emiten bióxido de carbono, son limpias, silenciosas y no necesitan mantenimiento constante.
3. El uso de la arquitectura bioclimática permite atender las características particulares de la climatología de cada lugar y con su correcta aplicación permite desarrollar en una edificación ventilación e iluminación adecuada además del confort requerido.
4. Una de las debilidades territoriales con las que se ha encontrado este estudio es que luego de investigar se establece que en Guatemala aun no existen normativas específicas en cuanto a las plantas solares fotovoltaicas y su conexión a la red de la energía eléctrica tradicional.
5. En este estudio se establece que el uso de una planta solar fotovoltaica conectada a red representa un ahorro que alcanza una factura por generación de menos de la mitad de los costos actuales de la misma, además de permitir una distribución energética constante.



## RECOMENDACIONES

1. A la Universidad de San Carlos de Guatemala se le recomienda apoyar la implementación de mejoras en el Centro de Estudios del mar y acuicultura ubicado en Taxisco, Santa Rosa el cual es una fuente de producción de especies marinas que puede aportar ganancias a esta casa de estudio y además conserva el bosque tropical mas grande de la región.
2. Dar cumplimiento a la agenda aprobada en el Protocolo de Kioto en la cual participa el Gobierno de Guatemala para el fortalecimiento del uso de energías renovables y así acabar con la dependencia del petróleo.
3. Formar a los nuevos profesionales universitarios por medio de la creación de material formativo e informativo que permita desarrollar el uso de nuevas tecnologías que se complementen en los aspectos energéticos, tecnológicos y económicos.
4. Unir esfuerzos para conseguir que el desarrollo de normativas que puedan establecerse en relación al uso de energías alternativas sea respetado por todos los sectores de la sociedad y así contribuir a la no contaminación ambiental.
5. Iniciar de inmediato los estudios necesarios para conectar a la red de distribución los diversos tipos de energías alternativas de los cuales ya se esta haciendo uso aunque a menor escala.



## BIBLIOGRAFÍA

Agenda de Reconstrucción desde la Perspectiva de las Mujeres. Grupo de mujeres del área Xinca de Chiquimulilla, Santa Rosa.  
CAMBIOS, PAPAXIGUA, IBIS. Guatemala, 2006.

Columba Sagastume, La Electrificación en Guatemala, Piedra Santa Arandi (1996).

Edwin Garzona, Celia Marcos, Gestión Ambiental en la Pequeña y Mediana Industria de América Central, ASIES, Guatemala, 1999.

Leiva Cerezo Aldo, Informe Final del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la Aldea Monterrico, Taxisco, Santa Rosa y en la Estación Experimental CEMA, USAC, Guatemala, 2006.

Macal Chávez Nancy, Estudio sobre el manejo de Gestión de Riesgos para las Comunidades del Canal de Chiquimulilla, Taxisco, Santa Rosa, USAC, Guatemala 2007.

### PERFAM

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente  
Universidad Rafael Landívar  
Email: iarna@url.edu.gt  
<http://www.url.edu.gt/VAcademica/IARNA/default.htm>

Perfil Ambiental de Guatemala  
Instituto de Incidencia Ambiental  
Universidad Rafael Landívar, edifi  
Email: info@incidencia.org.gt

Propuesta de Gestión Ambiental y Social, Programa de electrificación Rural (Gu-01126), Setiembre de 2002

Manual de Formas Arquitectonicas  
Artur T. White

## SITIOS Y PÁGINAS WEB

[www.wikepeia.com](http://www.wikepeia.com)  
[www.guate360.com](http://www.guate360.com)  
[www.insivumeh.gob.gt](http://www.insivumeh.gob.gt)  
[www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)  
[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)  
[www.unionfenosa.com.gt](http://www.unionfenosa.com.gt)  
[www.dequate.com](http://www.dequate.com)  
[www.raulmonterroso.blogspot.com](http://www.raulmonterroso.blogspot.com)  
[www.perfilambientaldeguatemala.com.gt](http://www.perfilambientaldeguatemala.com.gt)  
<http://www.incidencia.org.gt>  
Email: iarna@url.edu.gt  
<http://www.url.edu.gt/VAcademica/IARNA/default.htm>  
[www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)

### **INSTITUCIONES O ENTIDADES VISITADAS**

Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

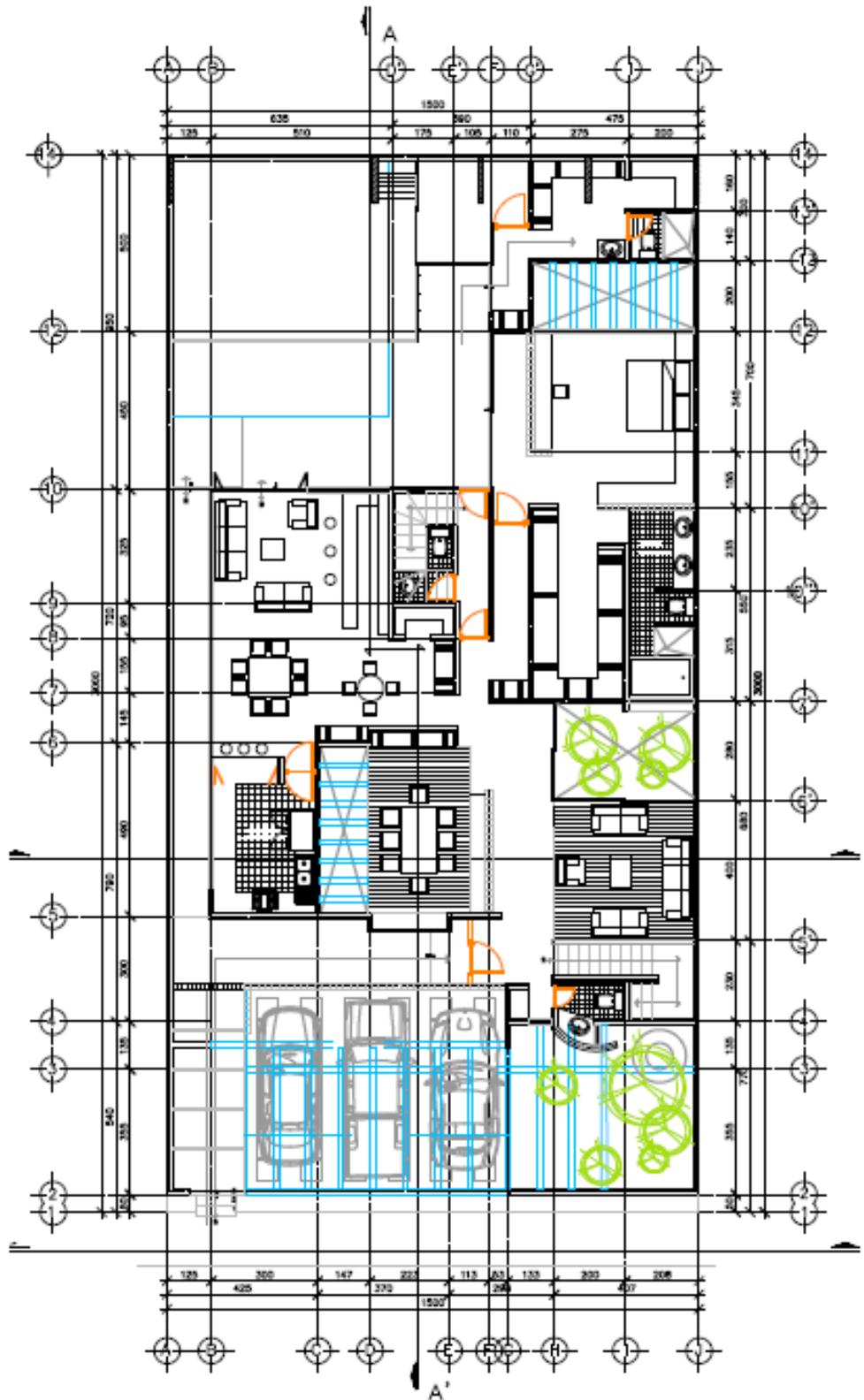
Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística, INE.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA.

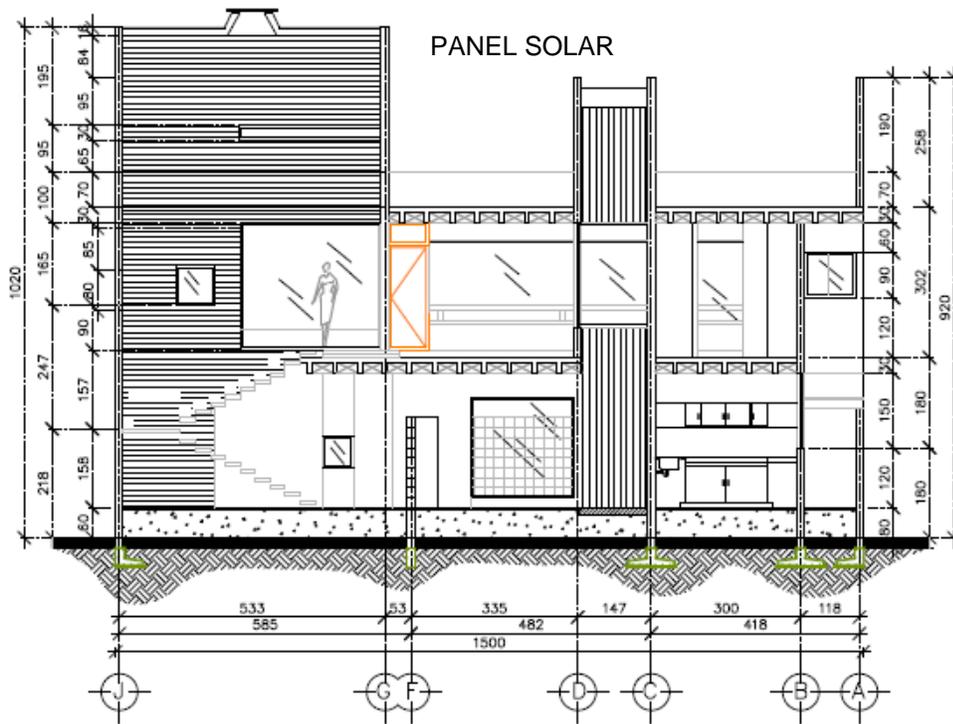
ANEXOS



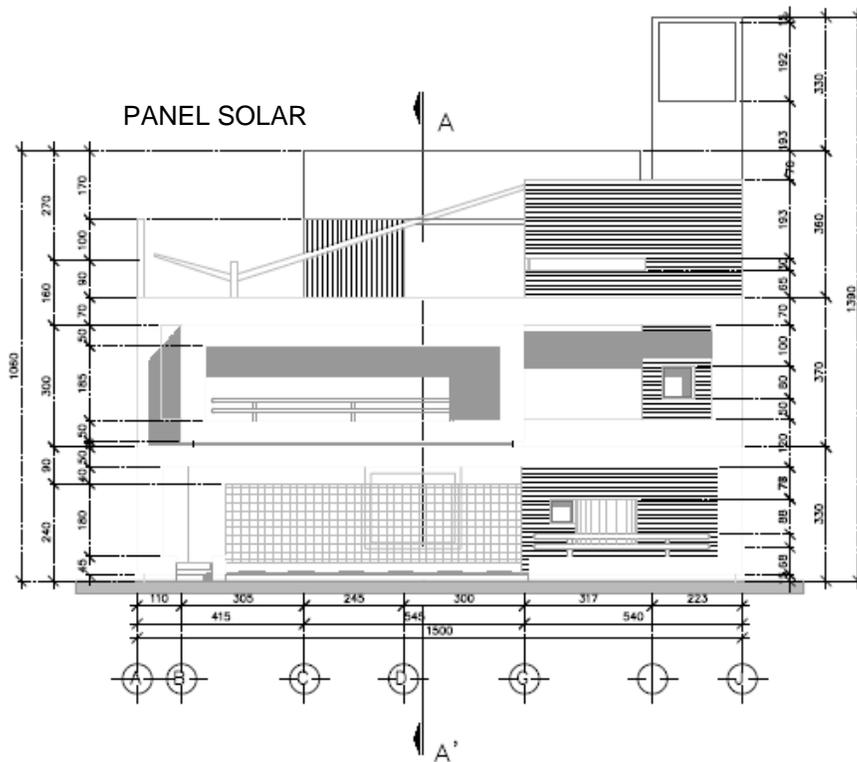
PLANTA BAJA



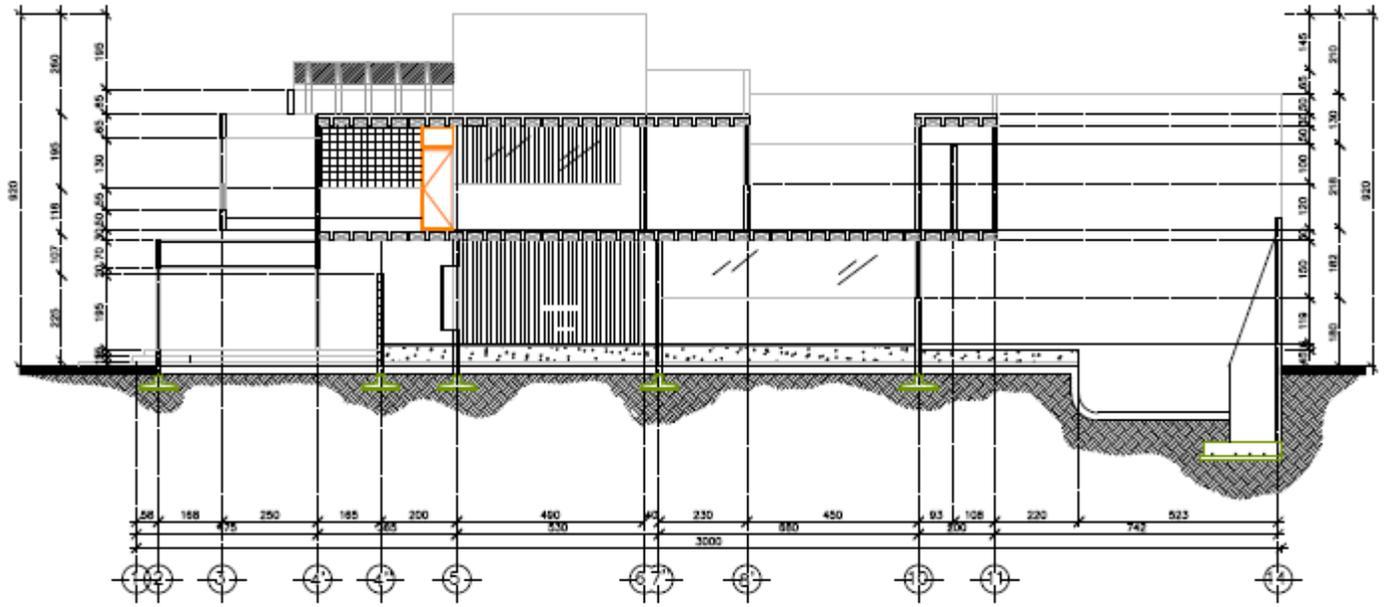




CORTE TRANSVERSAL B – B'



CORTE FACHADA C – C'



CORTE LONGITUDINAL A – A'



VISTAS DEL VOLUMEN A PROPONER



## Índice de Tablas

1	Datos climáticos anuales promedio en el Puerto de San José, Departamento de Escuintla, Guatemala	25
2	Capacidad de generación de energía solar fotovoltaica	49

## Índice de Fotografías

1	Ciudad de Guatemala	2
2	Canal de Chiquimulilla	4
3	Reserva Monterrico	9
4	Reserva Monterrico	10
5	Reserva Monterrico	11
6	Manglar Monterrico	12
7	Canal de Chiquimulilla	12
8	Cema Usac	15
9	Cema Usac	15
10	Cema Usac	16
11	Ingreso al Cema	19
12	Vista Frontal Cema	19
13	Laboratorio de Análisis de Agua	20
14	Laboratorio de Análisis de Agua	20
15:	Contador de Energía Eléctrica	20
16	Generador de Energía	20
17	Bomba extracción de Agua	21
18:	Tanque Extracción de Agua	21
19	Bomba y Tanque Extracción de agua	21
20	Instalación de Energía (cables)	22
21	Instalación de Acometida	22
22	Instalación de Alumbrado publico	22
23	Condiciones Ambientales	24
24	Condiciones Ambientales	24
25	Captación de Energía Eólica Pequeña Potencia	28
26	Energía Eólica varios generadores	28
27	Energía Eólica	29
28	Energía Eólica un Aerogenerador	29
29	Captación de Energía solar térmica	30
30	Sistema Fotovoltaico aislado	31
31	Proyecto de captación de energía solar	32
32	Proyecto piloto de captación de Solar Fotovoltaica	33
33	Vivienda Energéticamente eficiente	34
34	Vegetación existente en Cema Monterrico	42
35	Análisis del Contexto	43
34	Ubicación del terreno	44

## Índice de Imágenes

I	Guatemala dentro del contexto regional	3
II	Ubicación Municipio de Chiquimulilla	9
III	Reserva de Monterrico	11
IV	Arco Solar	23
V	Captación de Energía Solar Térmica	30
VI	Caracterización del Proyecto	36
VII	Aprovechamiento según orientación del edificio	37
VIII	Aprovechamiento según orientación del edificio	38
IX	Ejemplo de Carta Solar	39
X	Delimitación del lugar bajo estudio	42