



FACULTAD DE POSTGRADO
TESIS DE POSTGRADO

**DESARROLLO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA
ISLA DE GUANAJA, ISLAS DE LA BAHÍA.**

SUSTENTADO POR:
SCARLETH JAMILETH NÚÑEZ CASTILLO
PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN ADMINISTRACION DE PROYECTOS

TEGUCIGALPA, M. D.C FRANCISCO MORAZÁN
HONDURAS, C.A.

ABRIL, 2016

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA
ISLA DE GUANAJA, ISLAS DE LA BAHÍA.**

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

**ASESOR METODOLÓGICO
SANTOS LIDABEL ALMENDÁREZ ORELLANA**

**ASESOR TEMÁTICO
CARLOS ENRIQUE TROCHEZ**

MIEMBROS DE LA TERNA (O COMISIÓN EVALUADORA):

**JAVIER SALGADO
JORGE CENTENO
MARIO CHINCHILLA**

DESARROLLO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA ISLA DE GUANAJA, ISLAS DE LA BAHÍA. SCARLETH JAMILETH NÚÑEZ CASTILLO

Resumen

El trabajo presentado a continuación es una investigación sobre el uso de energías renovables y en caso particular la energía solar por medio de paneles fotovoltaicos. Este estudio se desarrolló como referente en la isla de Guanaja que pertenece a las Islas de la Bahía, Honduras. Dicho trabajo se realizó con el objetivo de presentar una propuesta de generación de energía eléctrica factible y además una energía completamente limpia que no daña el ecosistema, que vendría a subsanar la situación energética que pasa en esta zona donde la energía es distribuida por una empresa privada que presenta elevados precios, rendimientos de combustible bajos, mala distribución de la energía y muchos no pueden acceder a ella o lo hacen de una manera racionada por factor pobreza. Para demostrar esa viabilidad técnica se determinó el potencial solar de la isla el cual es muy bueno, Se estudió un sistema fotovoltaico y se concluyó de que este proyecto puede ser factible en cuanto a los aspectos: económico a largo plazo, ambiental, la potencia solar del lugar, la falta de suficiente energía de la zona, lugares remotos donde no llega el servicio, y el costo es menor que la empresa que abastece. Si es posible el montaje de una planta solar en la isla, cambiar el panorama energético de este sector y ayudar a esta área de la población, pero se recomienda apoyo de parte de entes de gobierno e incentivar a investigadores a este tipo de proyectos.

Palabras claves: factibilidad, ambiente, energía, población



RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT THROUGH THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM ON GUANAJA, BAY ISLANDS.

SCARLETH JAMILETH NÚÑEZ CASTILLO

Abstract

The work presented below is a study on the use of renewable energy and in particular, of solar energy through photovoltaic panels. This study was developed in reference to Guanaja, one of the Bay Islands of Honduras. This work was performed with the objective of presenting a proposal for feasible electric power generation. This is a completely clean form of energy that does not damage the ecosystem, one that could help correct the energy situation in an area where the energy is distributed by a private company that offers high prices, low fuel yields, poor energy distribution and to which many lack access to it or use it in a limited way due to their poverty. To demonstrate its technical feasibility, the solar potential of the island was measured, which is very good, A photovoltaic system was studied and it was concluded that this project may be practicable in terms of these aspects: economically in the long term, environmentally, the solar power potential of the place, the lack of sufficient energy in the area, the remote locations that do not get electric service, and a lower cost than the company now supplying it. It is possible to build a solar power plant on the island, change the energy landscape in this area and help the local population, but support is recommended from government bodies and to incentivize researchers for this type of projects.

Keywords: feasibility, environment, energy, population

DEDICATORIA

Dedico este logro en mi vida a mi madre Francisca Castillo, pilar fundamental en mi vida, por motivarme y brindarme su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento cuando sentía que el camino se terminaba. Sin ella, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Ing. José Morán y al Ing. Carlos Trochez por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de este periodo.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas de la profesora Lic. Santos Almendarez, con la que me encuentro profundamente agradecida.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mi familia, especialmente a mi mamá por su apoyo incondicional, mis hermanos y mis amigos, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A todos ellos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xi
INDICE DETABLAS.....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	1
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1.ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.3.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.4.3. VARIABLES DE ESTUDIO.....	7
1.4.4. JUSTIFICACION.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	10
2.1.1. ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO.....	10
2.1.2.ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO.....	15
2.1.3.ANÁLISIS INTERNO.....	17

2.2.	TEORÍAS DE SUSTENTO	24
2.3.	CONCEPTUALIZACION	31
2.3.1.	ENERGÍAS RENOVABLES.....	31
2.3.2.	RADIACIÓN SOLAR	33
2.3.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS DE LA TIERRA	35
2.4.	INSTRUMENTOS.....	39
2.4.1.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL PROYECTO EN BASE A OTRAS EXPERIENCIAS:	39
2.4.2.	PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS	45
2.5.	MARCO LEGAL	46
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		51
3.1.	CONGRUENCIA METODOLÓGICA	51
3.1.1.	DEFINICION OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	51
3.1.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	52
3.1.3.	HIPÓTESIS.....	54
3.2.	ENFOQUE Y MÉTODOS.....	54
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.3.1.	POBLACIÓN.....	55
3.3.2.	MUESTRA.....	56
3.3.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS	56
3.3.4.	UNIDAD DE RESPUESTA	56
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	57
3.4.1.	INSTRUMENTOS.....	57
3.4.2.	TIPOS DE INSTRUMENTOS	57
3.4.3.	TÉCNICAS	57

3.5.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	58
3.5.1.	FUENTES PRIMARIAS	58
3.5.2.	FUENTES SECUNDARIAS	58
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y		
ANÁLISIS.....		
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	59
4.2.	DEFINICIÓN DEL MODELO DE NEGOCIOS	59
4.3.	PROPIEDAD INTELECTUAL	59
4.4.	ESTUDIO DE MERCADO	61
4.4.1.	ANALISIS DE LA COMPETENCIA Y LA INDUSTRIA.....	61
4.5.	ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES	65
4.5.1.	ESTUDIO ENERGETICO.....	65
4.5.2.	INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN.....	68
4.5.3.	PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	88
4.5.4.	FACTORES AMBIENTALES	88
4.6.	ESTUDIO FINANCIERO	92
4.6.1.	COSTOS DE LA ETAPA DE DESARROLLO E INGENIERIA DEL PROYECTO	92
4.6.2.	ENERGIA GENERADA Y RETORNO DE INVERSION MENSUAL	95
4.6.3.	CONSUMOS ENERGETICOS Y PRECIO DE GENERACION.....	95
4.6.4.	FLUJO DE CAJA Y TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSION	97
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		
5.1.	CONCLUSIONES	100
5.2.	RECOMENDACIONES	101
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....		
		102

6.1. INTRODUCCIÓN	102
6.2. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN PROPIO	103
6.2.1.ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE GEOTECNIA	103
6.2.2.DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN A UTILIZAR EN EL PROYECTO	104
6.2.3.ESTUDIOS DE RADIACIÓN.....	106
6.2.4.ESTUDIO PERDIDAS QUE PUEDAN AFECTAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.	107
6.2.5.ELABORACIÓN DE UN CRONOGRAMA PRELIMINAR DEL PROYECTO. 109	
6.2.6.ANÁLISIS AMBIENTAL Y SOCIAL.....	109
6.2.7.ANÁLISIS FINANCIERO	111
6.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	113
ANEXOS.....	116
ANEXO I.....	116
ANEXO II.....	123
ANEXO III	124
ANEXO IV	126
ANEXO V	128
ANEXO VI.....	129
ANEXO VII.....	130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Energia Total Generada en Honduras año 2013.....	4
Tabla 2. Datos Generales de Islas de la Bahía.	17
Tabla 3. Datos Generales del Municipio de Guanaja.....	18
Tabla 4. Proyección del crecimiento poblacional de 2015 a 2020.....	18
Tabla 5. Características Generales de las empresas de generación en Islas de la Bahía.....	21
Tabla 6. Matriz de operacionalización de las variables.....	52
Tabla 7. Matriz de operacionalización de las variables.....	53
Tabla 8. Búsqueda de módulos por serie.....	82
Tabla 9. Performance Ratio.....	87
Tabla 10 Factores Generales.	95
Tabla 11. Perdidas del sistema	95
Tabla 12. Resumen de las perdidas consideradas en el sistema fotovoltaico.....	108
Tabla 13. Cronograma de actividades	112
Tabla 14. Resultados de la entrevista	122
Tabla 15. Valores de K.....	131

Tabla 16. Factor de corrección K 132

Tabla 17. Perdidas por temperatura..... 135

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones solares fotovoltaicas mundiales acumuladas, 1985-2010	11
Figura 2. Producción de energía fotovoltaica anual en países seleccionados, 1995-2008.....	13
Figura 3. China produce módulos solares más baratos.	14
Figura 4. Energía neta generada en años 2013 y 2014.....	15
Figura 5. Capacidad Instalada en Julio 2015 contabilizando energía fotovoltaica.	16
Figura 6. Energía neta generada en Julio 2015 contabilizando energía fotovoltaica.	16
Figura 7. Energía generada hasta noviembre 2015.	16
Figura 8. Elementos de un sistema Fotovoltaico.....	25
Figura 9. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continua.....	26
Figura 10. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continua y alterna.....	26
Figura 11. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continua, alterna.....	27
Figura 12. Efecto fotovoltaico.....	29
Figura 13. Estructura atómica células solares.	30
Figura 14. Clasificación de las fuentes de energía renovable y no renovable.....	32
Figura 15. Curva característica de la H.S.P.....	33

Figura 16. Las fuentes de energía disponibles de la tierra.	35
Figura 17. Esquema del efecto FV.	37
Figura 18. Eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas solares.....	38
Figura 19 Proyección de la demanda de energía.	63
Figura 20. Capacidad instalada hasta noviembre 2015 según tipo de generación.	63
Figura 21. Energía generada hasta noviembre 2015.	64
Figura 22. Localización del Proyecto Guanaja coordenadas latitud 16.45038,-85.9280	66
Figura 23. Mapa solar de Honduras.	67
Figura 24. Muestra de un mapa solar mundial que nos hace ver que la franja central mundial tiene alta radiación solar.....	67
Figura 25. Panel solar YL310P-35b	68
Figura 26. Inversor marca Kaco	69
Figura 27. Especificaciones del inversor marca Kaco	69
Figura 28. Transformador TorTech.....	72
Figura 29. Parametros de Transformador TorTech	72
Figura 30. Estructura de Hincado a utilizar.....	74
Figura 31. Esquema básico de montaje	75

Figura 32. Efectos de Tensión y temperatura.....	79
Figura 33. Corriente fotogenerada y corriente de diodo de una célula solar.....	79
Figura 34. Disposición de los modulos en serie sobre la estructura de un soporte es el mismo a ambas alturas.	83
Figura 35. Disposición de todas las celdas.....	84
Figura 36. Esquema de la planta ya instalada	85
Figura 37. Imagen del emplazamiento donde se ubicará la instalación.	89
Figura 38. Detalle de costos del proyecto	93
Figura 39. Costo del W de potencia instalado.....	94
Figura 40. Costo aproximado del sistema fotovoltaico.....	96
Figura 41. Bases para el flujo de caja.....	97
Figura 42. Flujo de caja en \$ USD	98
Figura 43. Tiempo de retorno de inversión	99
Figura 44. Resumen financiero	99
Figura 45. Vista 3D de la isla Guanaja.....	103
Figura 46. Elementos que componen la estructura fotovoltaica.	105
Figura 47. Atlas solar mundial.	107

Figura 48. Resumen financiero	111
Figura 49. Mapa del emplazamiento.	123
Figura 50. Manual del panel.....	124
Figura 51. Manual del panel.....	125
Figura 52. Localización del sur geográfico	126
Figura 53. Producción de energía frente al ángulo de inclinación.	127
Figura 54. Inclinación de paneles.....	127
Figura 55. Manual del inversor.	128
Figura 56. Manual del transformador.....	129
Figura 57. Recorrido del sol en la esfera terrestre.....	130

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La necesidad continua de la electricidad por parte de la sociedad, nos muestra que es un recurso imprescindible hoy en día. La energía eléctrica y la tecnología se han implicado en todas las actividades humanas con el fin de tener una mejor calidad de vida pero en este afán, se ha descuidado mucho el tema ambiental, pero también la misma tecnología nos presenta opciones de cuidar nuestro ecosistema y poder ofrecer energía eléctrica para satisfacer las necesidades. Un tema de actualidad y de interés es la energía renovable o energía verde ya que no perjudica el medio ambiente, la energía proveniente del sol es un recurso de considerable importancia y es una opción de energía renovable. La presente investigación estudia la factibilidad técnica y la viabilidad económica de la utilización de energía renovable en la Isla de Guanaja, específicamente el uso de energía solar a base de paneles fotovoltaicos.

1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

A unas 40 millas de la Costa Atlántica hondureña en el mar Caribe se encuentra el departamento de Islas de la Bahía, con una extensión territorial de 260.6 km² y constituido por un total de 8 islas, tres mayores: Roatán, Guanaja y Utila; y cinco menores: Barbareta, Santa Elena, Morat, Cayos Cochinos y Cochino Menor. Integrado por cuatro municipios: Roatán y Santos Guardiola (ambos ubicados en la isla de Roatán), Guanaja y Utila. “La población total del departamento se estima es más de 45,804 habitantes, ello supone una densidad demográfica muy alta, superior a los 2300 hab/km²” (SEPLAN, 2012). Que supera la capacidad de carga, condicionada por la calidad y vulnerabilidad de los ecosistemas isleños

Las Islas de la Bahía se encuentran en el extremo sur del Sistema Arrecifal Mesoamericano, el arrecife más grande en el hemisferio occidental, el segundo arrecife más grande en el mundo.

La biodiversidad de los arrecifes es muy alta con cientos de especies de peces, arrecifes de coral, tortugas marinas, tiburones ballena, boas rosadas, delfines y diferentes tipos de aves.

En las Islas de la Bahía se generan oportunidades de empleo; muchos extranjeros, entre ellos también hondureños continentales, llegan en busca de oportunidades; debido a la falta de una política territorial, se ubican indiscriminadamente y han provocado un crecimiento desordenado y acaban degradando los ecosistemas. Un Problema puntual es el deficiente servicio de energía eléctrica en las tres islas, ya que la provisión de electricidad ha sido insuficiente en los últimos años. La electricidad se produce en cada una de las islas por parte de diferentes empresas privadas, a pesar de tener diferentes economías de escala, los servicios presentan problemas similares: 1. alto precio del combustible 2. Alto costo de transporte, 3. Pérdidas en la distribución de la electricidad, alto costo en la producción de energía. 5. dificultades ambientales durante la operación de la plantas. (Jácome, 2014).

La energía se genera mediante la quema de combustible diésel en plantas de generación térmica. La eficiencia de las plantas térmicas es baja, según la Comisión Nacional de Energía. Hay una serie de implicaciones ambientales relacionadas con la manipulación del combustible lo que representa un riesgo latente debido a la posibilidad de derrames. Asimismo, un número de hogares individuales utilizan su propio generador pequeño a diésel para producir electricidad, mientras que cerca de 80 familias pobres se quedan sin acceso a la electricidad. La situación actual de energía con precios muy altos de electricidad crea barreras para el desarrollo de la infraestructura básica, como el abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales ya que ambas dependen de la electricidad para su funcionamiento.

Hay un potencial eólico prometedor de acuerdo con el mapa nacional de viento, y la radiación solar es fuerte y constante. Las islas tienen fuertes posibilidades para aumentar el uso de fuentes de energía renovables ya que también podría haber posibilidades de utilización de la energía de la biomasa, pero no existen datos para este recurso. El Gobierno de Honduras y las autoridades locales están interesados en la transformación de la generación de energía en las islas en carbono neutral mediante el uso de fuentes de energía renovables y aumentar el acceso a la electricidad para la población local en las islas. En otras partes de la región existen experiencias

exitosas con el objetivo de reducir el uso de combustibles fósiles en los ecosistemas frágiles, las Islas Galápagos, Aruba, Bonaire y Curacao.

El municipio de Guanaja tiene una población total de 5,445 habitantes, de los cuales 2,706 son hombres, 2,738 son mujeres, 1544 viven en una área urbana y 3,901 viven en el área rural y por su población ocupa el puesto No.3 del departamento, con el 8.7% de la población, y el puesto No. 248 del país con el 0.1% de la población total; el 15% de la población pertenece a un grupo étnico. Según estadísticas de índices de pobreza, de acuerdo al Censo Nacional 2013, el índice de pobreza es de 37%, y ocupa el puesto no. 3 del país. (INE, 2013)

En relación al sistema eléctrico, Honduras tiene un total de capacidad instalada cerca de 1,900 MW (incluyendo la entrada reciente de varios parques de energía solar) y una demanda pico que se aproxima a los 1,400 MW, con un crecimiento proyectado anual de la demanda de 5.7%, de acuerdo con el plan de expansión 2007-2020 preparado por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). El consumo total de energía en 2010 fue 17,700 millones de barriles de petróleo de los cuales 4.6 millones fueron utilizados para generación de energía eléctrica. La importación de energía en los años recientes anduvo alrededor los US\$ 1,600 millones promedio al año, representando una carga importante para la economía del país.

Mientras en 1990 Honduras dependía en 84% de su energía hidroeléctrica, para el año 2010 la composición cambió sustancialmente, 63% de la energía del sistema interconectado nacional fue generado con combustibles fósiles. A la fecha la Energía renovables representa un poco más del 50% de la capacidad instalada, con la observación que la energía provenientes de los combustibles fósiles normalmente es energía en firme y la renovable tiene variabilidad en cuanto a cantidad y duración, por lo que los combustibles fósiles aportan más del 50% de la energía eléctrica total generada. En el Caribe, en las islas de Roatán, Utila y Guanaja, con una alta demanda de turistas, existen sistemas eléctricos aislados en cada isla, cuya generación depende 100% de combustibles fósiles líquidos (diésel).

Tabla 1. Energía Total Generada en Honduras año 2013

Energía Acumulada hasta 31/12/13 [GWh]	Gwh	%
Hidro ENEE	1,612.32	18.54
Térmico Priv	4,655.19	53.54
Térmico ENEE	46.34	0.53
Arrendamientos ENEE	62.36	0.72
Biomasa	352.58	4.06
Mini-Hidros	732.76	8.43
Eólico	664.69	7.65
Solar	423.03	4.87
Recibido	568.70	6.54
Enviado	423.59	4.87
TOTAL (C Inter)	8,694.39	100.00
Factor Térmico Real		73.03

Fuente: ENEE

La energía eléctrica en la isla de Guanaja es suministrada por una empresa generadora del sector privado, la cual también maneja la red de distribución y la administración para la comercialización de la energía. El sistema de energía eléctrica se ha caracterizado por actuar fuera de la cobertura de la regulación y la legislación hondureña para el subsector eléctrico o por lo menos no ha existido supervisión cercana y continua, de parte de los entes a quienes le compete este subsector. Lo anterior resulta en operaciones ineficientes, personal técnico con poco entrenamiento, mal servicio al cliente y tarifas no supervisadas.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Las Islas de la Bahía, junto con las ruinas de Copán son los lugares más turísticos de Honduras. Guanaja es parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano, el cual es el arrecife más grande en el hemisferio occidental y el segundo arrecife más grande en el mundo.

La generación de energía en la Isla de Guanaja es 100% térmica por lo que depende de la importación de combustible fósil lo cual representa un riesgo ambiental latente para el ecosistema debido a los derrames y fugas de combustible que suceden durante el proceso. Asimismo, el precio de producción en la isla es 35 – 65 ¢US\$/kWh, lo cual es dos o tres veces más alto comparado con el precio en el territorio continental hondureño. Considerando las limitaciones logísticas y el alto costo de producción de energía eléctrica no solo crea barreras para el desarrollo de la infraestructura en la isla, como ser el abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales ya que ambas dependen de la electricidad para su funcionamiento sino que también afecta a los grupos vulnerables de personas en relación al acceso de la electricidad.

1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio de la factibilidad económica que tiene la instalación de un proyecto de generación de energía solar en la Isla de Guanaja.

1.3.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.3.1. PREGUNTA CENTRAL

¿Qué tan factible es la incorporación de energía solar como alternativa de generación de energía en la Isla de Guanaja?

1.3.3.2. PREGUNTAS SECUNDARIAS

¿Cuál es la demanda de energía requerida en la Isla de Guanaja?

¿Se podría desarrollar un proyecto de energía solar en Guanaja?

¿Es posible cambiar la matriz energética en la Isla de Guanaja?

¿Cuál es el plan de trabajo para la implementación de un proyecto de energía renovable tipo solar fotovoltaica en un lugar como la Isla de Guanaja?

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un estudio de factibilidad técnica y económica del uso de energía solar en la Isla de Guanaja, con el objetivo de reducir progresivamente el uso de combustibles fósiles e incorporar gradualmente energía con fuentes renovables.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el potencial de energía solar en la Isla de Guanaja
- Analizar la viabilidad técnica de la incorporación de energía fotovoltaica con el propósito de incentivar el uso de energía solar ya que actualmente es generada 100% con combustibles fósiles.
- Realizar un análisis financiero sobre la aplicabilidad de un proyecto de energía solar en la Isla de Guanaja.
- Generar un plan de trabajo y una propuesta para la implementación de un proyecto de energía eléctrica alternativa a través de paneles solares en la Isla de Guanaja

1.4.3. VARIABLES DE ESTUDIO

El consumo de energía eléctrica en la Isla de Guanaja para poder definir la viabilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos como parte de un sistema de generación de energía eléctrica alternativa, cabe mencionar que los datos recopilados serán comparados con los del mercado internacional para lograr el objetivo. El tamaño de la población y la muestra que pudiera ser objeto de estudio considerando las características de estos de forma descriptiva. Para la recopilación de los datos de la investigación se utilizaron herramientas de fuentes primarias y secundarias. Se obtuvo información de proyectos relacionados con la utilización de energía renovable en el país, principalmente de la Secretaria de Recursos Naturales, Energía, Ambiente y Minas (MiAmbiente) y el Instituto Nacional de Estadística (INE) además de información obtenida de libros y páginas web (localización de empresas nacionales e internacionales que brinden cotización del equipo necesario para la instalación de los paneles)

1.4.4. JUSTIFICACION

En la actualidad el tema de cambio climático es de mucho interés a nivel mundial, el Gobierno de Honduras establece como uno de los lineamientos estratégicos en el Plan de Nación (2010 – 2022) bajo el marco de estos lineamientos estratégicos se deben definir los planes de gobierno además de los instrumentos de planificación a mediano plazo con la finalidad de facilitar el cumplimiento en cada administración de gobierno de los objetivos y metas establecidas como prioritarias. El tema de adaptación y mitigación al cambio climático es uno de los once lineamientos estratégicos en el Plan de Nación. Las regiones de desarrollo dentro del plan de nación se constituyen según las características socioeconómicas comunes, potencialidades, ventajas comparativas, factores geográficos y otros elementos de diferenciación.

La Visión de País y el Plan de Nación define la posición # 15 al Arrecife Mesoamericano como región de desarrollo. La regionalización del País deberá incorporarse como un eje transversal a las políticas públicas y a los programas de cooperación internacional que se ejecuten en el país. Siendo Guanaja una de las áreas en las que se deben orientar las iniciativas de gobierno para contrarrestar los efectos del cambio climático la adaptación y la mitigación. En tal sentido, la participación del gobierno en el tema de mitigación se enmarca en reducir Emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI) a través de la implementación de proyectos que utilizan fuentes renovables de energía utilizando los recursos naturales (agua, viento, sol, biomasa, calor del subsuelo), proyectos de eficiencia energética en los sectores residencial, comercial e industrial; captura de metano de las aguas residuales industriales, botaderos municipales y generación de electricidad con el biogás que se produce. Esta investigación se enfoca en la reducción de gases de efecto invernadero en la región 15: Arrecife Mesoamericano, la cual es priorizada en el Plan de Nación, específicamente en la Isla de Guanaja mediante la evaluación técnica de generación de energía solar.

Cumpliendo un marco de lineamientos estratégicos, bajo el cual deben ser definidos los diferentes planes de gobierno, toda vez que los mismos se constituyen en instrumentos de la planificación y la programación de mediano plazo, orientada a facilitar el cumplimiento en cada período de gobierno objetivos nacionales y las metas de prioridad nacional.

El municipio de Guanaja es la segunda Isla más grande del archipiélago de las Islas de la Bahía, y se encuentra en último lugar de acuerdo a las cifras de competitividad de sector turismo, el turismo de la Isla de Guanaja comparado con otros sitios turísticos visitados por turistas que comparten preferencias por lugares similares. Afecta el desarrollo de proyectos de infraestructura, tales como suministro de agua potable y tratamiento de agua de desecho productos de la actividad humana, ya que estos proyectos son de operación continua y demandan un monto significativo de energía eléctrica

El difícil acceso a la energía eléctrica de los habitantes de bajos recursos que pertenecen a grupos vulnerables, que también ven restringido el acceso a alimentación, educación, salud y al involucramiento en el engranaje productivo de las islas, debido también por el alto costo del transporte. Según el Instituto Nacional de Estadística las Islas tienen alrededor del 40% de habitantes reportados viviendo en pobreza o extrema pobreza. Las personas con ingresos estables tienen que invertir en autoabastecerse de energía con fuentes renovables algunas veces, y con motores a base de diésel en otras ocasiones, gran parte de este auto suministro no es eficiente ni suficiente a pesar de las grandes inversiones que hacen ciertas familias y/o empresarios, sobre todo en la industria turística.

La importación, transporte, manejo y almacenamiento de combustible fósiles representan un alto riesgo a la naturaleza ambientalmente sensible, biodiversidad y arrecife coralino en las Islas de la Bahía, siendo estas características naturales el principal atractivo de este departamento insular. El riesgo se puede concretar en derrames durante el transporte y manejo del combustible importado usado para la generación de energía eléctrica, afectando el ecosistema, además de la contaminación ambiental, contaminación sonora y gases de efecto invernadero. Se comprometen muchos recursos para pagar el alto costo de la energía eléctrica, los cuales podrían estar siendo utilizados en la mejora de la infraestructura para mejorar el turismo y/o para inversiones sostenidas en la mitigación del cambio climático.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1.1. ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO

La Energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos en materia de generación de energía que se presentan. Este crecimiento se ha producido gracias a los mecanismos de algunos países como España, que han propiciado un gran incremento de la capacidad de producción, distribución e instalación de esta tecnología. En estas dos últimas décadas las células fotovoltaicas han experimentado un continuo descenso en su costo junto con una ligera mejora de su eficiencia. (Lecue, SueloSolar, 2011).

La producción anual de energía fotovoltaica ha crecido casi 100 veces desde el año 2000, cuando sólo se fabricaron 277 MW de células fotovoltaicas. En 2010 Las compañías de Energía Solar fotovoltaica de todo el mundo fabricaron 24.000 MW de células fotovoltaicas, más del doble de la producción del 2009. La recién instalada energía fotovoltaica también estableció un récord en 2010, dónde se instalaron 16.600 MW en más de 100 países. Esto llevó la capacidad instalada mundial de energía solar fotovoltaica cerca de los 40.000 MW.

Los datos obtenidos del análisis de GTM y proporcionados al (Earth Policy Institute,2010). Muestran que los fabricantes chinos volvieron a dominar la industria global de paneles fotovoltaicos en 2010, con cerca de 11.000 MW de producción de fotovoltaicas. Éste fue el séptimo año consecutivo en el que China, al menos duplicó su producción de energía fotovoltaica. Taiwán obtuvo un segundo lugar con 3.600 MW producidos, seguido por Japón con 2.200 MW, Alemania, con 2.000 MW, y los Estados Unidos con 1.100. Los cinco países representan el 82 por ciento de la producción mundial de energía fotovoltaica. Mientras que Alemania ocupa el cuarto lugar en la fabricación de paneles solares, se coloca todos los demás países en términos de generación de energía por paneles solares. Alemania ha ampliado su liderazgo en esta categoría cada año, desde que superó a Japón en 2004. Después de agregar

7.400 MW en 2010, ahora cuenta con 17.200 MW de energía fotovoltaica instalada. Esto es más del 40 por ciento de la capacidad mundial y cuatro veces más los 3.800 MW en España, el segundo país de mayor capacidad instalada. Alemania genera suficiente electricidad con energía fotovoltaica para satisfacer la demanda de potencia de unos 3,4 millones de hogares alemanes.

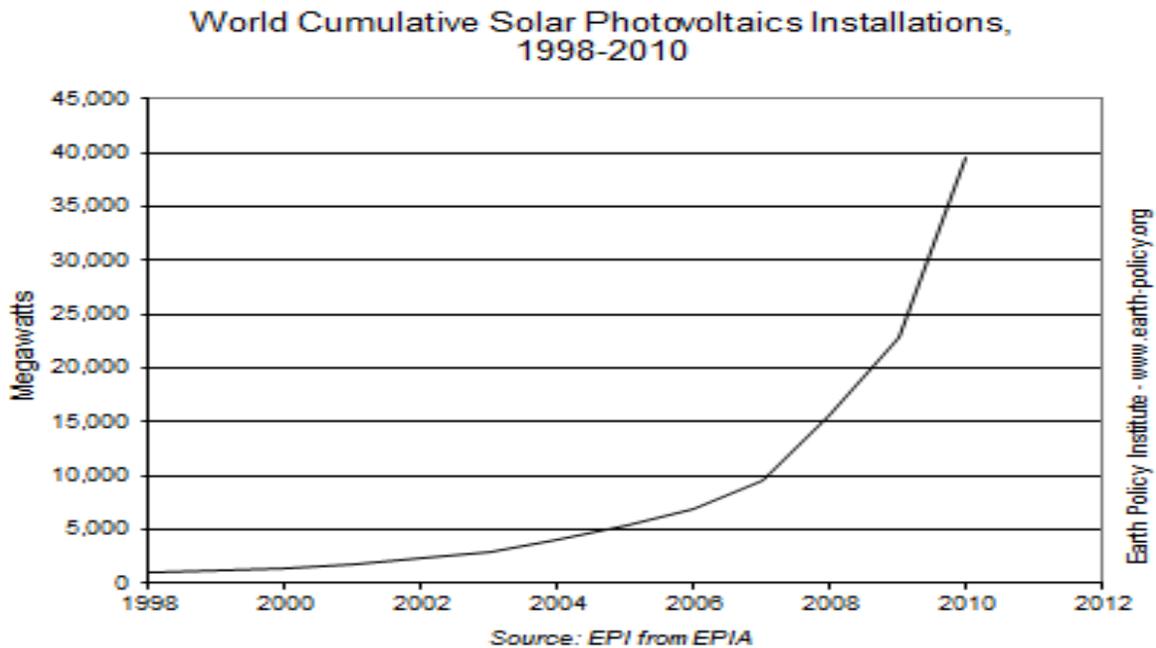


Figura 1. Instalaciones solares fotovoltaicas mundiales acumuladas, 1985-2010

Fuente: European Photovoltaic Industry Association

En 2010 Japón instaló cerca de 1.000 MW de nueva energía fotovoltaica. Es el tercer país con energía solar instalada, con un total de 3.600 MW. El país busca alternativas energéticas tras el desastre nuclear de Fukushima en marzo de 2011, Como la adopción de energía solar se acelera en Japón, su objetivo nacional de 28.000 MW para el año 2020 puede ser fácilmente superado. (Terra.org, 2011).

Casi duplicando su capacidad total de energía fotovoltaica en 2010, Italia duplicó los Estados Unidos para reclamar la cuarta posición en el ranking mundial de energía solar, con 3.500 MW. Con una previsión de 8.000 MW de nueva energía fotovoltaica en 2011, probablemente superando a Alemania en nuevas instalaciones, Italia habrá superado lo previsto con 8.000 MW para 2020. ENEL, la energética más importante de Italia, apuesta por que el país alcance los 30.000 MW en 2020 suficiente para satisfacer la mitad de sus necesidades actuales de electricidad residencial-.

La capacidad instalada de energía fotovoltaica en los Estados Unidos también registró un fuerte crecimiento en 2010, aumentando en más del 50 por ciento para llegar a 2.500 MW total. California, que ahora cuenta con más de 1.000 MW conectados a la red, de nuevo dirige a todos los estados en las nuevas instalaciones de energía fotovoltaica. Sin embargo, un número de otros estados, incluyendo Nueva Jersey, Nevada y Arizona, están aumentando su capacidad de energía solar, impulsados por los programas e incentivos a nivel estatal y federal. (TERRA.org, 2010)

En 2011, los sistemas de energía solar de todo el mundo generaron 85 TW/hora de electricidad, que fueron suficientes para cubrir las necesidades de 100 millones de personas. La capacidad instalada total de sistemas solares fotovoltaicos se multiplicó casi por 15 desde los 4,5 GW en 2005 hasta más de 65 GW en 2012. Por tanto, la energía fotovoltaica se ha convertido en la tercera energía renovable más importante del mundo, por detrás de la hidroeléctrica y la eólica. Europa es el líder mundial, con 51 GW de capacidad instalada, seguida por Japón (5 GW), EE. UU. (4,4 GW) y China, muy por detrás de Europa, con 3,1 GW.

El 75 % de la expansión fotovoltaica mundial ocurrida en 2011, equivalente a 21,9 GW, se instaló en Europa, que es también donde se localiza el 75 % de la capacidad fotovoltaica instalada en el mundo. Con contribuciones cada vez mayores de los países europeos meridionales, se generan más de 60 000 millones de kWh cada año, que es suficiente energía para abastecer a 15 millones de hogares europeos. (ProSun.org, 2012)

La pionera en Europa fue Alemania, tras la entrada en vigor de la Ley sobre fuentes de energía renovable en el año 2000. No obstante, en 2011 Italia se convirtió en el mercado principal de la energía fotovoltaica por primera vez, con una nueva capacidad instalada de 9,3 GW. El tercer mercado en tamaño es Francia, con 1,7 GW de nueva capacidad instalada. El resto de Europa ha experimentado también un desarrollo significativo en los últimos años. Más de 130

fabricantes europeos producen módulos solares con una capacidad total de 10 GW; sin embargo, la producción apenas alcanza el 50 % de la capacidad productiva instalada debido a la invasión del mercado de la UE por parte de la producción china.

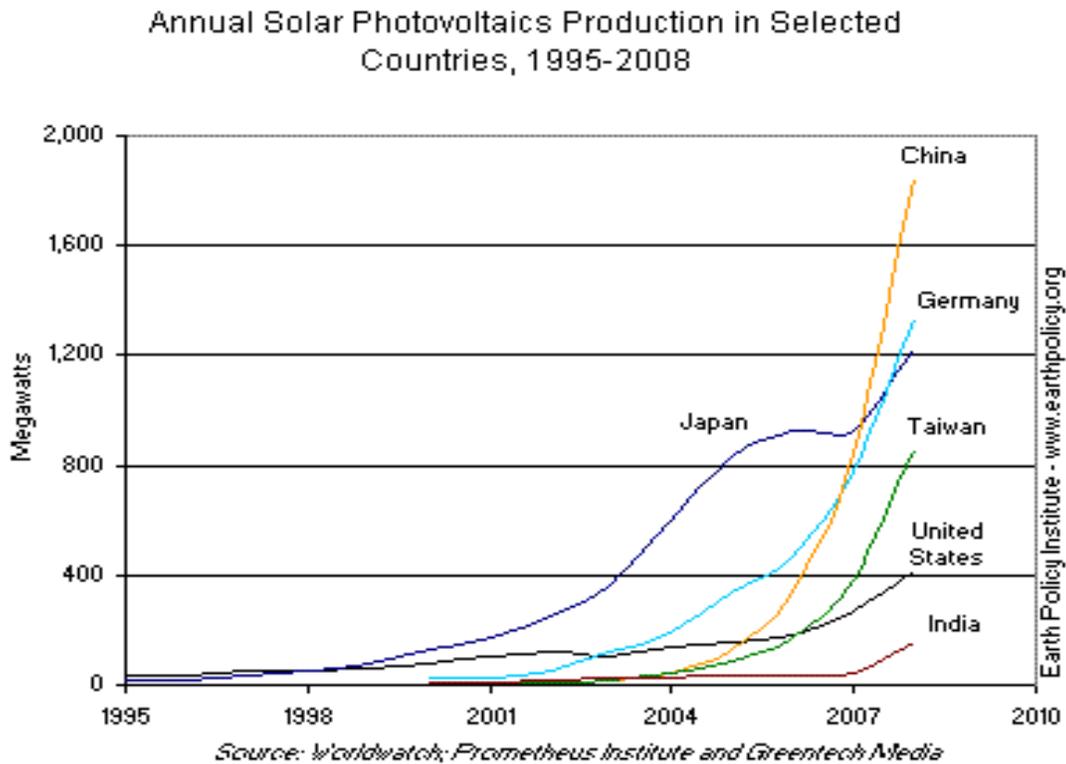


Figura 2. Producción de energía fotovoltaica anual en países seleccionados, 1995-2008.

Fuente: Worldwatch, Prometheus Institute y Greentech Media.

“Hace 20 años, la electricidad solar costaba en Alemania un euro por KW-hora. En este momento, por los precios que tenemos, y en los países que tienen el doble de horas de sol que en Alemania el precio por KW-hora está muy por debajo de los 10 centavos. Ese precio hace que la electricidad solar sea tan atractiva”, subraya Winfried Hoffmann presidente de la Asociación de la Industria Fotovoltaica Europea (2013).



Figura 3. China produce módulos solares más baratos.

Fuente: DW.com

Sin duda, ese es un factor que hace que la electricidad solar esté convirtiéndose en el recurso energético más importante del futuro inmediato. En su pronóstico más pesimista, la (EPIA, 2013) prevé que, “a nivel mundial y en comparación con 2012, las instalaciones de energía solar se multiplicarán al doble.”. Pero si los responsables de la clase política promueven activamente el giro energético hacia energías renovables. La (EPIA, 2013). “sostiene que el incremento será de un 75 por ciento”. En opinión de Winfried Hoffmann, (2013) “el sector de la industria fotovoltaica se encuentra en plena fase de renovación, y los parques solares producen electricidad mucho más barata que la convencional.”

En estos momentos, la producción es todavía bastante dificultosa. Los fabricantes de módulos solares se ven presionados por los bajos precios y por una excesiva oferta en el mercado mundial. Muchos fabricantes no logran enfrentar la competencia. Winfried Hoffman espera que eso cambie. “Ahora, la industria fotovoltaica debe tener en cuenta que los costos en el futuro, debido a los procesos de producción, y las nuevas fábricas tienen que estar preparadas para que, con los precios actuales, no se registren pérdidas, sino otra vez ganancias”, (Hoffman,2013)*explica el experto. De ese modo, el giro energético y el apagón de las centrales nucleares se materializarían cada vez más, pudiendo convertirse en realidad para gran parte de los países del mundo.

2.1.2. ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO

El sistema eléctrico de Honduras tiene un total de capacidad instalada cerca de 1,900 MW (incluyendo la entrada reciente de varios parques de energía solar) y un demanda pico que se aproxima a los 1,400 MW, con un crecimiento proyectado anual de la demanda de 5.7%, de acuerdo con el plan de expansión 2007-2020 preparado por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE).

El consumo total de energía en 2010 fue 17,700 Millones de barriles de petróleo equivalentes (se explicará más adelante esta unidad para medir la energía), de los cuales 4.6 Millones fueron utilizados para generación de energía eléctrica. La importación de energía en los años recientes anduvo alrededor los US\$ 1,600 Millones promedio al año, representando una carga importante para la economía del país. En el Caribe, en las islas de Roatán, Utila y Guanaja, con una alta demanda de turistas, existen sistemas eléctricos aislados en cada isla, cuya generación depende 100% de combustibles fósiles líquidos (diésel).

En 2013 y 2014 la energía generada oscila entre los 1,300-1,400 MW, La generación de energía fotovoltaica en el país comienza a contabilizar desde Julio de 2015 para 12 proyectos: Enerbasa, Marcovia, Cohessa, Soposa Mecer, Llanos del Sur, Los Pollitos, Fotersa, Cinco Estrellas, Choluteca Uno, Choluteca Dos, Proderssa todas en conjunto con una capacidad instalada de 455.2 MW y una disponibilidad de 53.6 MW, generándose 39.9 MW que corresponde a un 1.3% de la energía total generada en Julio 2015.

TOTAL ENERGIA NETA GENERADA EN EL SISTEMA ENEE						
TIPO DE PLANTA	AÑO 2013		DICIEMBRE 2014		ACUMULADO 2014	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
TOTAL SISTEMA	7,941.2	100.0	632.6	100.0	8,068.2	100.0
Hidráulica	2,738.5	34.5	203.8	32.2	2,588.8	32.1
Térmica	4,598.3	57.9	312.6	49.4	4,630.4	57.4
Biomasa	179.7	2.3	11.9	1.9	173.7	2.2
Eólico	310.2	3.9	75.2	11.9	396.9	4.9
Intercambio (importación)	114.6	1.4	29.1	4.6	278.5	3.5

Figura 4. Energía neta generada en años 2013 y 2014

Fuente: ENEE

CAPACIDAD INSTALADA Y DISPONIBILIDAD EN PLANTAS						
TIPO DE PLANTA	AÑO 2014		JULIO 2015			
	MW	%	MW	%	MW	%
	INSTALADA		INSTALADA		DISPONIBLE EN EL MES	
TOTAL SISTEMA	1,878.6	100.0	1,899.0	100.0	1,348.4	100.0
Hidráulica	623.7	33.2	631.7	33.3	450.4	33.4
Térmica	979.6	52.1	920.5	48.5	787.6	58.4
Biomasa	123.3	6.6	171.3	9.0	10.0	0.7
Eólica	152.0	8.1	175.5	9.2	100.4	7.4
Fotovoltaica	0.0	0.0	455.2	24.0	53.6	4.0

Figura 5. Capacidad Instalada en Julio 2015 contabilizando energía fotovoltaica.

Fuente: ENEE

TOTAL ENERGÍA NETA GENERADA EN EL SISTEMA ENEE						
TIPO DE PLANTA	AÑO 2014		JULIO 2015		ACUMULADO 2015	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
TOTAL SISTEMA	8,068.2	100.0	757.4	100.0	4,891.7	100.0
Hidráulica	2,588.8	32.1	192.9	25.5	1,366.3	27.9
Térmica	4,630.3	57.4	423.1	55.9	2,697.6	55.1
Biomasa	173.7	2.2	11.2	1.5	233.8	4.8
Eólico	396.9	4.9	74.7	9.9	437.0	8.9
Fotovoltaica	0.0	0.0	39.9	5.3	62.9	1.3
Intercambio (Importacion,)	278.5	3.5	15.6	2.1	94.1	1.9

Figura 6. Energía neta generada en julio 2015 contabilizando energía fotovoltaica.

Fuente: ENEE

Los datos registrados en los boletines de la ENEE se encuentran hasta Noviembre de 2015 para el cual la generación de energía solar fotovoltaica fue de 73.1 GWh correspondiente a un 4.4%

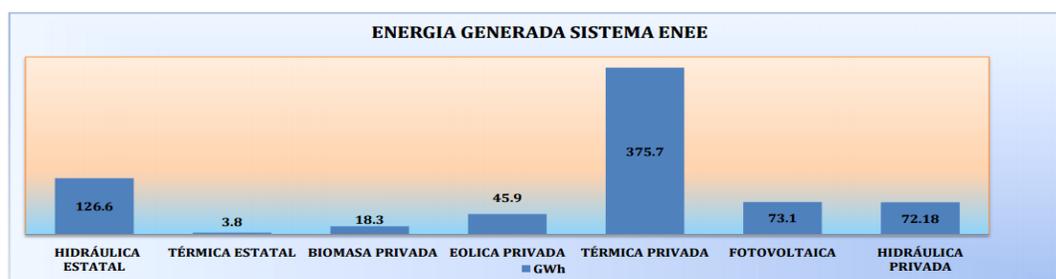


Figura 7. Energía generada hasta noviembre 2015.

Fuente: ENEE

2.1.3. ANÁLISIS INTERNO

Las Islas de la Bahía es un destino turístico de excelencia en Honduras, un referente local y global, y un lugar ambientalmente sensible que ha sido favorecido con riquezas ambientales como su diversidad biológica marina, bordeadas por el segundo arrecife de coral más grande del mundo. Su ubicación aislada de tierras continentales ha contribuido a mantener un ecosistema muy sensible. Es el departamento más pequeño de Honduras, pero es el que presentó el mayor crecimiento de población en porcentaje con 64.2 % en comparación con todos los departamentos de Honduras entre el censo de 2001 y el censo de 2013, es el segundo departamento más densamente poblado de Honduras con 265.1 habitantes/Km², solo superado por Cortés. Además es uno de los departamentos con menos porcentaje de pobreza en Honduras en promedio en las 3 Islas alrededor de 40% menos comparado con el resto del país según el censo de 2013.

A continuación se presenta un resumen con datos generales del Departamento de Islas de la Bahía y como prioridad el municipio de Guanaja.

Tabla 2. Datos Generales de Islas de la Bahía.

Fecha de creación	14 de Marzo 1872
Cabecera departamental	Isla Roatán
Superficie	229 km ²
Población	65,932 habitantes
Densidad poblacional	288 hab/km ²
Municipios	4
Aldeas	23

Fuente INE, Honduras, XVII Censo poblacional, VI Vivienda

Tabla 3. Datos Generales del Municipio de Guanaja.

Fecha de creación	1872
Superficie	57 km ²
Población	5,538 habitantes
Densidad poblacional	97.15 hab/km ²
Aldeas	4
Caseríos	46
Tasa de analfabetismo 2013	4.5%
Índice de pobreza según NBI-2013	37%
Principales actividades económicas: -Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca - Comercio al por mayor y al por menor Reparación de vehículos. -Construcción	26% 13% 12%

Fuente: INE, Honduras, XVII Censo poblacional, VI Vivienda

Tabla 4. Proyección del crecimiento poblacional de 2015 a 2020.

Año	Total Habitantes	Total Urbano Habitantes	Total Rural Habitantes
2015	65,932	35,796	30,136
2016	67,704	36,616	31,088
2017	69,493	37,443	32,050
2108	71,296	38,275	33,021
2019	73,112	39,110	34,002
2020	74,938	39,948	34,990

Fuente: INE, Honduras, XVII Censo poblacional, VI Vivienda

Debido a la necesidad de suministrar energía eléctrica y otros servicios a sus habitantes para el desarrollo de sus actividades económicas, las Islas de la Bahía dependen en su totalidad para satisfacer sus necesidades energéticas de combustibles fósiles: Las plantas generadoras a base de diesel, tanto de las suministradoras de la red eléctrica como las plantas de autoabastecimiento, el transporte marítimo, terrestre y el gas para cocer los alimentos. A pesar de que poseen diferentes economías de escala, tanto el servicio de energía eléctrica como transporte y uso de gas, cada una de las Islas mayores del archipiélago enfrenta problemas similares:

- (a) Alto precio de los combustibles fósiles importados, con un comportamiento de variación incierto en sus precios. Alto costo del transporte marítimo y terrestre.
- (b) Alto costo del transporte, manejo y operación del diésel.
- (c) Escasez y alto costo de mano de obra, especialmente calificada.
- (d) Las empresas privadas suministradoras del servicio energía eléctrica cuentan en sus plantas con motores diésel de baja eficiencia.
- (e) Pérdidas eléctricas en la red de distribución y otras.
- (f) Dificultades y riesgos ambientales durante el transporte, manejo de los combustibles y en los productos de desechos como resultado de las operaciones de las plantas y medios de transporte (aceite lubricante en mal estado, Diésel, gases de efecto invernadero productos de la combustión, agua de enfriamiento, agua para mantenimiento y agua para limpieza de la planta contaminada con aceite, etc.)
- (g) La mayoría de los altos costos y riesgos antes mencionados forman parte de la cadena de valor de la entrega del servicio de electricidad en los centros de carga lo que evidentemente lo encarece significativamente.

Por los inconvenientes antes mencionados, los habitantes, el turismo, el comercio hotelero, el comercio en general, mantenimiento refrigerado y la elaboración de alimentos cocidos, etc. Se ven afectados negativamente por:

- (1) Las altas tarifas para los usuarios oscilando de 35 a 65 ¢US\$/kWh, en la mayoría de los casos, entre dos y tres veces más altas comparadas con el precio en territorio continental hondureño. Para 2014 los precios de tarifa residencial oscilaban entre L.9.00 a L. 12.00/kWh (¢US\$40 a ¢US\$54), de la siguiente manera: Utila ¢US\$42/kWh, Guanaja ¢US\$43/kWh y Roatán ¢US\$37/kWh.
- (2) Difícil acceso a la energía eléctrica de los habitantes de bajos recursos que pertenecen a grupos vulnerables, que también ven restringido el acceso a alimentación, educación, salud y al involucramiento en el engranaje productivo de las islas, debido también por el alto costo del transporte. Según el Instituto Nacional de Estadística las Islas tienen alrededor del 40% de habitantes reportados viviendo en pobreza o extrema pobreza.

- (3) Dada las limitaciones logísticas y el alto costo de producir energía eléctrica, existe un grupo de personas en ciertos lugares que no tienen acceso a la electricidad.
- (4) Pérdida de competitividad en el turismo de las Islas de la Bahía comparado con otros sitios turísticos visitados por turistas que comparten preferencias por lugares similares. Afecta el desarrollo de proyectos de infraestructura, tales como suministro de agua potable y tratamiento de agua de desecho productos de la actividad humana, ya que estos proyectos son de operación continua y demandan un monto significativo de energía eléctrica
- (5) Las personas con ingresos estables tiene que invertir en autoabastecerse de energía con fuentes renovables algunas veces, y con motores a base de diésel en otras ocasiones, gran parte de este auto suministro no es eficiente ni suficiente a pesar de las grandes inversiones que hacen ciertas familias y/o empresarios, sobre todo en la industria turística.
- (6) La importación, transporte, manejo y almacenamiento de combustible fósiles representan un alto riesgo a la naturaleza ambientalmente sensible, biodiversidad y arrecife coralino en las Islas de la Bahía, siendo estas características naturales el principal atractivo de este departamento insular. El riesgo se puede concretar en derrames durante el transporte y manejo del combustible importado usado para transporte y para generación de energía eléctrica, afectando el ecosistema, además de la contaminación ambiental, contaminación sonora y gases de efecto invernadero.
- (7) Se comprometen muchos recursos para pagar el alto costo de la energía eléctrica, los cuales podrían estar siendo utilizados en la mejora de la infraestructura para mejorar el turismo y/o para inversiones sostenidas en la mitigación del cambio climático.

La energía eléctrica en las Islas de la Bahía es suministrada por empresas generadoras privadas, una por cada isla, las cuales pertenecen a propietarios distintos, poseen además también la red de distribución y la administración para la comercialización. Existen algunas empresas grandes, especialmente en la industria hotelera que poseen sus propias plantas diésel para auto suministrarse cuando falla la red eléctrica y persona particulares que utilizan paneles solares y pequeños aerogeneradores para auto abastecer sus viviendas.

En el siguiente cuadro se muestra los puntos relevantes de la producción, transporte y precio final al consumidor:

Tabla 5. Características Generales de las empresas de generación en Islas de la Bahía.

ISLA	UNIDADES DE MEDICIÓN	ROATÁN	UTILA	GUANAJA
Empresa	Privada	RECO	UPCO	BELCO
Capacidad Instalada	MW	17	2.4	2.5
Demanda Máxima/Mínima	MW	16/8	1.3/0.75	0.7/0.3
Eficiencia	kWh/gal	11.9	13.43	12
Precio	¢US\$/kWh	30 – 65	30 - 65	35 - 65
Combustible Fósil	Derivado	Diesel	Diesel	Diesel
Pérdidas en la Red	Porcentaje	18	ND	5.96

El sistema de energía eléctrica de las Islas de la Bahía se ha caracterizado por actuar fuera de la cobertura de la regulación y la legislación hondureña para el subsector eléctrico o por lo menos no ha existido supervisión cercana y continua, de parte de los entes a quienes le compete este subsector. Lo anterior resulta en operaciones ineficientes, personal técnico con poco entrenamiento, mal servicio al cliente, tarifas no supervisadas y posiblemente establecidas por la empresa generadora, no por la comisión reguladora, etc. Por otra parte existen muchos hoteles grandes y pequeños que utilizan auto generación con motores diésel para respaldo y existen casas que utilizan motores gasolina por algunas horas donde no existe acceso a la red eléctrica.

Debido a que en las Islas de la Bahía prevalece, principalmente generación de energía por medio de combustibles fósiles, además son utilizados otros derivados del petróleo como ser gasolina y diésel para la operación de embarcaciones y automóviles. Por otro lado, el gas propano, kerosén y leña son utilizadas principalmente para usos relacionados con la cocina. A continuación se detalla las características de la empresa generadora Bonacca Electric Company (BELCO).

BONNACA ELECTRIC COMPANY BELCO.

BELCO es la empresa generadora de electricidad privada que suministra la energía en la isla de Guanaja, Bonnaca es el cayo más grande con que cuenta Guanaja y el más densamente poblado de todas las islas. La electricidad que genera BELCO se suministra mayormente hacia ese Cayo por medio de cables submarinos. La empresa opera con 2 unidades Caterpillar de diésel de 1,250 kW cada una, así que su capacidad total instalada es de 2.5 MW. Produciendo aproximadamente 3,340 MWh/año, con un gasto de US\$1.3MM en diesel. La demanda fluctúa entre 300 y 700 kW (en ocasiones hasta cerca de 1,000 kW) lo que hace que solo sea necesario un motor de la planta, corriendo en su zona de ineficiencia.

Las líneas de distribución operan a 13.8 kV, algunas pertenecen a la empresa generadora pero otras son privadas las cuales son instaladas de parte de familias que cuentan con viviendas en la isla y tienen la capacidad económica de instalar su propia línea de distribución. Las pérdidas alcanzan el 5.96% de la energía generada. BELCO fue fundada por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica quien las traspasó a la alcaldía y a algunos inversionistas del lugar, su principal carga eléctrica es el consumo eléctrico del cayo Bonnaca. Recientemente la empresa fue comprada por una compañía hondureña cuyo Presidente es el Ingeniero David Castillo. De acuerdo a las entrevistas con el personal de la alcaldía, la empresa no tiene ningún contrato con el estado de Honduras, el contrato que tenía con la alcaldía venció en 2008, aun así, la empresa sigue operando.

Los precios de la energía eléctrica son muy elevados en la isla de Guanaja como en todas las demás islas del archipiélago, dependiendo mayormente del precio internacional del petróleo y de la falta de controles o supervisión de parte de las autoridades hondureñas encargadas del subsector eléctrico y regulación de operaciones en general (capacidad técnica, financiera, administrativa, establecimiento de tarifas justas, servicio al abonado, etc.). La población con pocos o escasos recursos cocinan con gas para evitar usar electricidad y cada vez más las personas que cuentan con los recursos suficientes se auto abastecen con paneles solares o pequeños aerogeneradores y utilizan a BELCO como respaldo o para proveerse de energía por las noches,

por ejemplo, los que solo tienen paneles solares. Además algunas personas que se autoabastecen utilizan medidores bidireccionales de manera de venderle a BELCO cuando tienen excedente.

La Intensidad de Emisiones de GEI para BELCO se basa en un sistema basado en el 100% diesel con una eficiencia neta del sistema de 30% basado en las siguientes formulas y suposiciones:

- La carga promedio actual en el sistema BELCO es de 300 kWe, mientras que la más pequeña unidad de generación Nominal de 600 kWe.
- El consumo de diesel por hora promedio para un nominal del grupo 600 kWe que opera a 50% de carga es 22 USG.
- Las emisiones procedentes de la combustión de 1 litro de combustible diesel son 2,785 g CO₂e.
- Las pérdidas asociadas con el sistema de distribución BELCO se estiman en un 10%.
- Emisiones de la central sobre la base de una carga media de 300 kWe son, por tanto (USG $22 \times 3,78 \times 2785$) / (300 x 0,9) = 858 kg / kWh

2.2. TEORÍAS DE SUSTENTO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados a la red, además de otras aplicaciones más específicas (Casas 2012).

Para el caso de las instalaciones de electrificación autónoma, estas instalaciones tienen una total autonomía energética y se construyen especialmente en lugares en que, por motivos económicos, técnicos y medioambientales, no es posible hacer llegar la red de distribución eléctrica (casas rurales aisladas, sistema de señalización), asimismo para las instalaciones interconectadas a la red eléctrica, distinguimos dos tipos de instalaciones, aquellas que aprovechan la energía producida por el propio edificio e inyectan la sobrante a la red de distribución eléctrica y los que inyectan directamente toda la producción de energía eléctrica a la red de distribución general y se aprovechan de ella para su propio consumo.

Los sistemas fotovoltaicos están conformados de los siguientes componentes:

- El generador fotovoltaico o campo de paneles: Es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.
- El regulador de carga: El regulador de carga asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería.
- La batería: Se encarga de almacenar parte de la energía producida por los paneles (la que no se consume inmediatamente) para disponer de ella en periodos de baja o nula irradiación solar.

- El inversor: Es el encargado de convertir la electricidad continua que produce el conjunto paneles-baterías en tensión de alimentación apta para la carga. Existen dos tipos de inversores: los de continua-alterna (DC/AC) y los inversores continuos- continua (CC/CC).

Estos componentes del Sistema FV se conforman por bloques de: generación, acumulación, monitoreo, cableado y carga (Ver Figura 8).

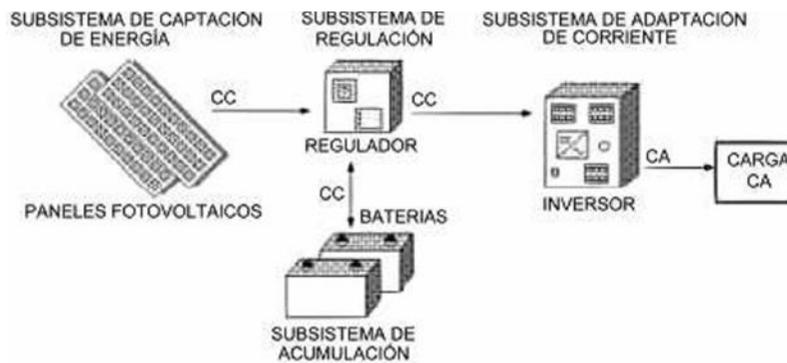


Figura 8. Elementos de un sistema Fotovoltaico.

Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) transforman la radiación solar en energía eléctrica permitiendo abastecer una amplia variedad de consumos. La energía excedente producida durante las horas y días de mayor insolación es acumulada en baterías, ver figura 9 La energía acumulada permite abastecer los consumos durante la noche y durante los días nublados.

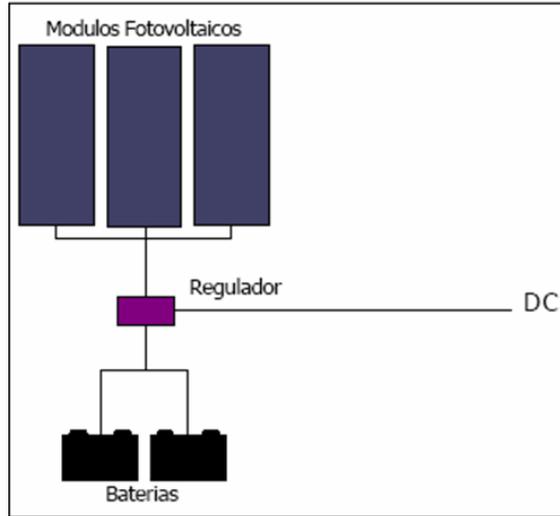


Figura 9. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continúa.

Los SFV generan energía eléctrica en corriente continua. Si se deben abastecer consumos de corriente alterna, es necesario intercalar un inversor de CC/CA entre las baterías y dichos consumos, ver figura 10.

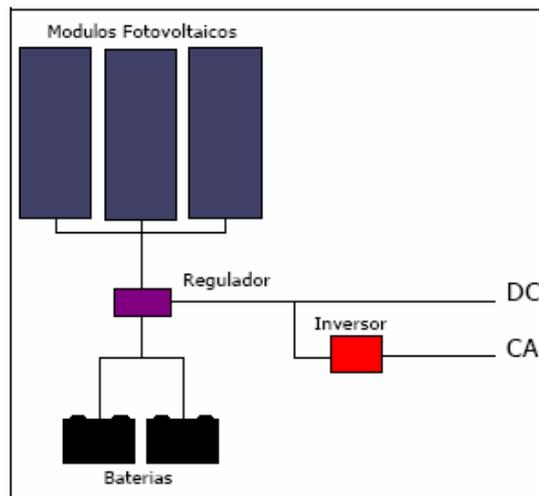


Figura 10. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continúa y alterna.

La capacidad de generación de un SFV depende de su tamaño y del recurso solar disponible en el lugar de su instalación. Los SFV se diseñan de tal manera que la energía que deben generar debe ser equivalente a la requerida por los consumos conectados. En la mayoría de los casos el cálculo debe realizarse para el mes de peor nivel de insolación (invierno). Cuando los consumos son relativamente altos los sistemas fotovoltaicos son combinados con otras fuentes de energía eléctrica (generadores diésel, eólicos, termo generadores, etc.), formando lo que se denomina un Sistema Híbrido, ver figura 11.

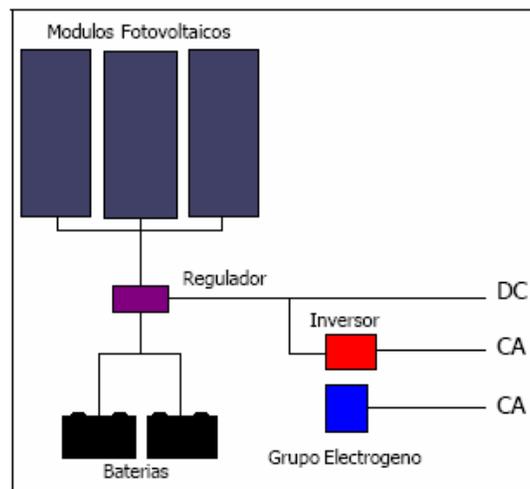


Figura 11. Sistema Fotovoltaico que entrega tensión continua, alterna.

Principales ventajas

- No consumen combustible
- Son totalmente silenciosos
- No contaminan el medio ambiente
- Son modulares
- Requieren de un mínimo mantenimiento

Principales aplicaciones

- En la electrificación rural y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costosa y por lo tanto no cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un generador fotovoltaico es ampliamente rentable.
- En las comunicaciones ya que los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, reemisores de señales de TV, plataformas de telemetría, radioenlaces, estaciones meteorológicas.
- En ayudar a la navegación como alimentar eléctricamente faros, boyas, balizas, plataformas y embarcaciones.
- En transporte terrestre la iluminación de cruces de carretera peligrosos y túneles largos. Alimentación de radioteléfonos de emergencia o puestos de socorro lejos de líneas eléctricas. Señalizaciones de pasos a desnivel o cambio de vías en los ferrocarriles.
- En la agricultura y ganadería se está teniendo una atención muy especial en estos sectores.
- En aplicaciones en la industria como es la obtención de metales como cobre, aluminio y plata, por electrólisis y la fabricación de acumuladores electroquímicos.
- En difusión de la cultura mediante medios audiovisuales alimentados eléctricamente mediante generadores fotovoltaicos.

EFEECTO FOTOVOLTAICO

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el denominado “efecto fotovoltaico”, fenómeno descrito por Becquerel en el año 1839. El efecto se produce en materiales semiconductores, como por ejemplo el Silicio, que tienen la particularidad de presentar un comportamiento diferente respecto a la electricidad (flujo de cargas) dependiendo de si son o no excitados por una fuente energética externa. En el caso particular, el Sol actúa como fuente energética externa, y cuando un fotón (partícula de luz radiante) impacta contra un electrón del material semiconductor, le proporciona a éste la energía necesaria para liberarse y desplazarse dentro del material, pasando a ser un material

conductor, quedando un electrón libre para circular dentro del sólido por cada enlace roto.

La falta de electrón en el enlace roto, que se denomina hueco, también puede desplazarse libremente por el interior del sólido, transfiriéndose de un átomo a otro debido al desplazamiento del resto de los electrones de los enlaces. Los huecos se comportan en muchos aspectos como partículas con carga positiva igual a la del electrón. El movimiento de los huecos y los electrones en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por un circuito externo.

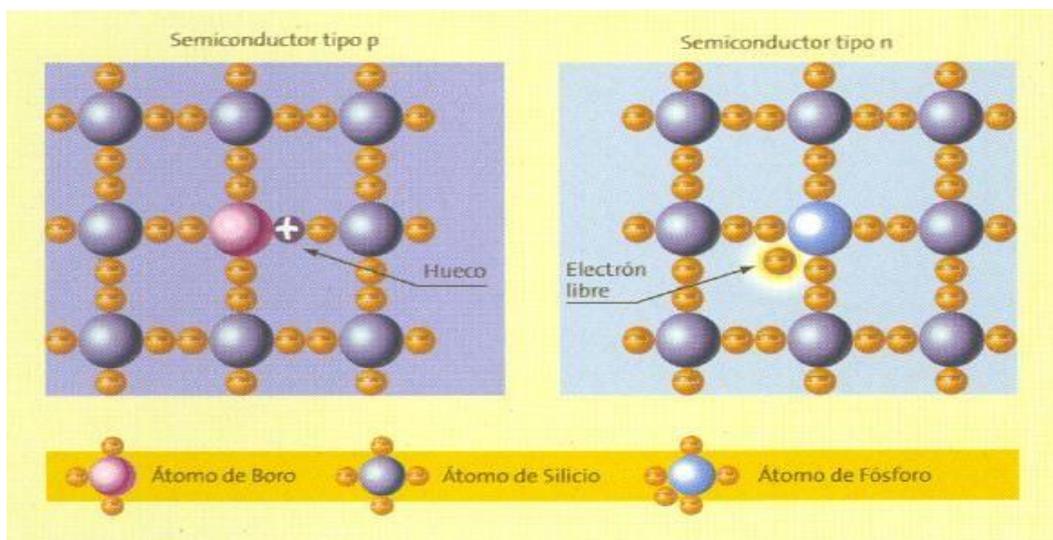


Figura 12. Efecto fotovoltaico.

Existen ciertos materiales que al absorber un determinado tipo de radiación electromagnética generan en su interior pares de cargas positivas y negativas. Si la radiación electromagnética es la solar y el material es un semiconductor tal como el silicio (Si) los pares de carga que se forman son electrones (e^-) y huecos (h^+) que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen del sólido. Si mediante algún procedimiento se crea en el interior del material un campo eléctrico permanente, las cargas positivas y negativas serán separadas. Esta separación conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material que, si son conectadas entre sí mediante un circuito externo al mismo tiempo que la radiación

electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo.

En las células solares este campo eléctrico se logra en la unión de dos regiones de un cristal semiconductor, de conductividades de distinto tipo. Para células solares de Silicio, una de las regiones (región tipo “n”) se impurifica con fósforo. El procedimiento se realiza sustituyendo algunos átomos de Silicio por átomos de Fósforo. El silicio como elemento químico cuenta con 14 electrones de los que 4 son de valencia, quedando disponibles para unirse con los electrones de valencia de otros átomos.

El Fósforo cuenta con 5 electrones de valencia. Así 4 de ellos serán utilizados para llevar a cabo los enlaces químicos con átomos adyacentes de Silicio, mientras que el quinto podrá separarse del átomo mediante una estimulación aportada por una fuente externa de energía. La otra región (región tipo “p”) se impurifica con Boro, que tiene 3 electrones de valencia, por lo que quedará una región con mayor cantidad de huecos que de electrones. De este modo aparece un campo eléctrico dirigido de la región “p” a la región “n” debido a las diferencias de concentraciones de huecos y electrones.

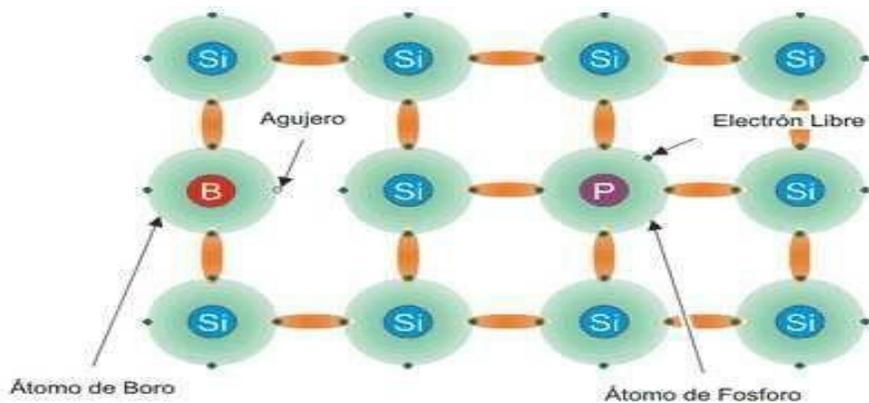


Figura 13. Estructura atómica células solares.

2.3. CONCEPTUALIZACION

2.3.1. ENERGÍAS RENOVABLES

Sin lugar a dudas ante el previsible final de los recursos energéticos fósiles, y la posibilidad de disminuir los graves efectos ambientales que producen, la sociedad fija sus esperanzas en las fuentes renovables de energía, ver Figura 1. Se mencionan, sin matizar, sus principales ventajas como la limpieza en el uso y su carácter de inagotables; no obstante, la realidad es que este discurso ya tiene muchos años y las fuentes renovables de energía aún no alcanzan la preponderancia largamente anunciada.

En relación con lo que la gente entiende por energías alternativas existe controversia, pues para unos son sinónimos de energías renovables, y para otros incluyen energías parcialmente renovables como la geotermia; o definitivamente, no renovables pero si alternativas como la nuclear por fisión. En algunos documentos no se considera como energía renovable a las grandes instalaciones hidráulicas y en otros la biomasa se puede solo referir al uso de energético de la leña (Calva, 2007).

Otra grave dificultad en torno a las energías renovables y alternativas se da al manejar un discurso en el que se incorporan todas ellas en un solo paquete; como si todas tuvieran las mismas características, ventajas o dificultades, o como si todas las tecnologías disponibles para su conversión tuviesen el mismo grado de desarrollo, incluyendo su grado de penetración comercial. Por ejemplo, hablar de promover el uso de la energía solar adquiere distintas dimensiones si se habla de colectores solares planos para calentamiento de agua con fines domésticos y recreativos, o energía térmica para procesos industriales, o bien energía eléctrica para sistemas aislados o conectados a la red.

Dada la importancia de la clasificación de las fuentes de energía en renovables y no renovables se propone una clasificación en la que establece que las energías no renovables son el petróleo, el gas natural, el carbón y se les llama no renovables porque cuando se extraen estos combustibles de la tierra, no los vuelve a reponer y su disponibilidad es cada vez menor.

La energía nuclear es también una fuente no renovable de energía, además en los últimos años el agotamiento de estas fuentes de energías aumenta progresivamente, el costo del energético, los problemas medioambientales derivados de su explotación, transporte y consumo, es por eso que cada día se tiene mayor interés en la explotación de las energías renovables.

Las fuentes de energía renovables, en cambio, provienen de fuentes inagotables, principalmente el Sol y la Tierra y su disponibilidad no disminuye con el tiempo. El Sol y la Tierra nos seguirán proporcionando la energía durante algunos millones de años más, y con él los vientos, la fotosíntesis de las plantas, el ciclo de agua, las fuerzas del mar y el calor al interior de la Tierra, además las energías renovables se producen de manera continua y son inagotables a escala humana, son respetuosas con el medio ambiente. La Figura 14, resume las diversas fuentes de energía, a las fuentes de energía renovable se las conoce también como alternativas, pues ofrecen una solución diferente o alternativa a las tecnologías tradicionales. Con las energías renovables se pueden obtener las dos formas de energía más utilizadas: calor y electricidad.

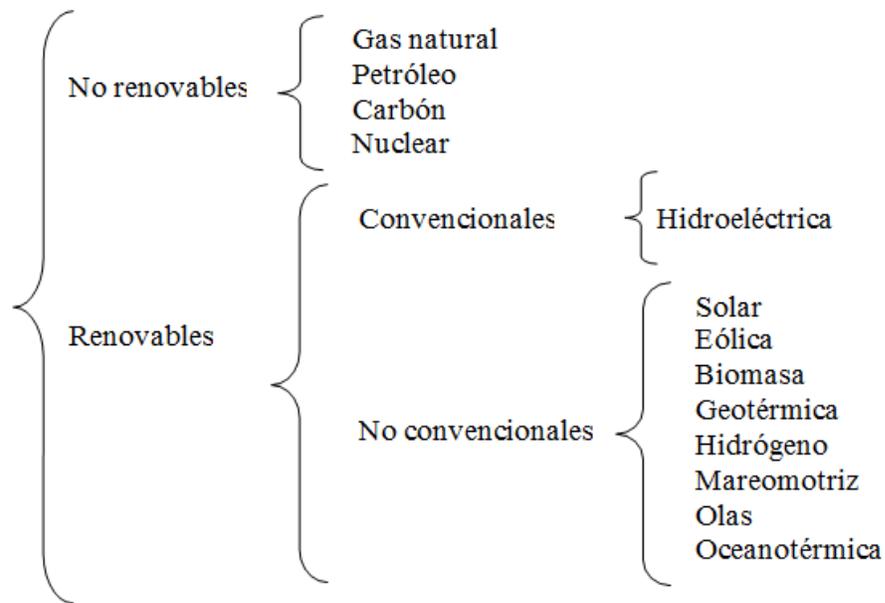


Figura 14. Clasificación de las fuentes de energía renovable y no renovable.

Fuente: Gutiérrez P. C., Gutiérrez C.C, La actuación frente al cambio climático Editorial UM, España.

2.3.2. RADIACIÓN SOLAR

Se refiere a la energía electromagnética que emana de los procesos de fusión del hidrógeno, contenido en el sol. La Radiación Solar (flujo, irradiación o densidad de potencia solar), recogida fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares es conocida como constante solar, su valor es de 1353 W/m^2 , varía durante el año en un 3%, a causa de la elipticidad de la órbita terrestre.

Otro concepto de importancia es el de Horas Pico Solar o Día Solar Promedio (H.S.P, Ver figura 15), definido como las horas de luz solar por día equivalentes, que permiten una rápida evaluación de los rendimientos energéticos; se calculan en función de una irradiación constante de 1Kw/m^2 (Potencia nominal de los paneles solares) y a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{H.S.P.} = \text{Radiación diaria total (Wh/m}^2 \text{ /día)} / 1000 \text{ W/m}^2$$

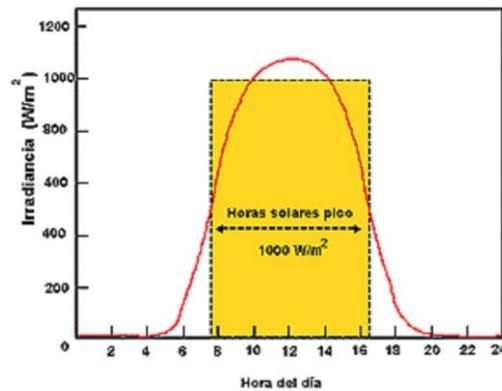


Figura 15. Curva característica de la H.S.P.

La energía incidente por unidad de superficie en un determinado periodo de tiempo se le denomina Irradiación, se mide en Joule por metro cuadrado (J/m^2), y aunque difiere físicamente de la Irradiación, coinciden numéricamente cuando la unidad de tiempo es la hora.

En condiciones óptimas de sol al mediodía y para un día despejado, el máximo valor medido ha sido de $1000 W/m^2$, aproximadamente.

La radiación solar puede ser directa o dispersa. Mientras que la directa incide sobre cualquier superficie con un preciso ángulo de incidencia, la dispersa cae en esa superficie con varios ángulos.

2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS DE LA TIERRA

Las fuentes de energía disponibles de la tierra, clasificadas por tipo y duración son las que se muestran en la figura 16:

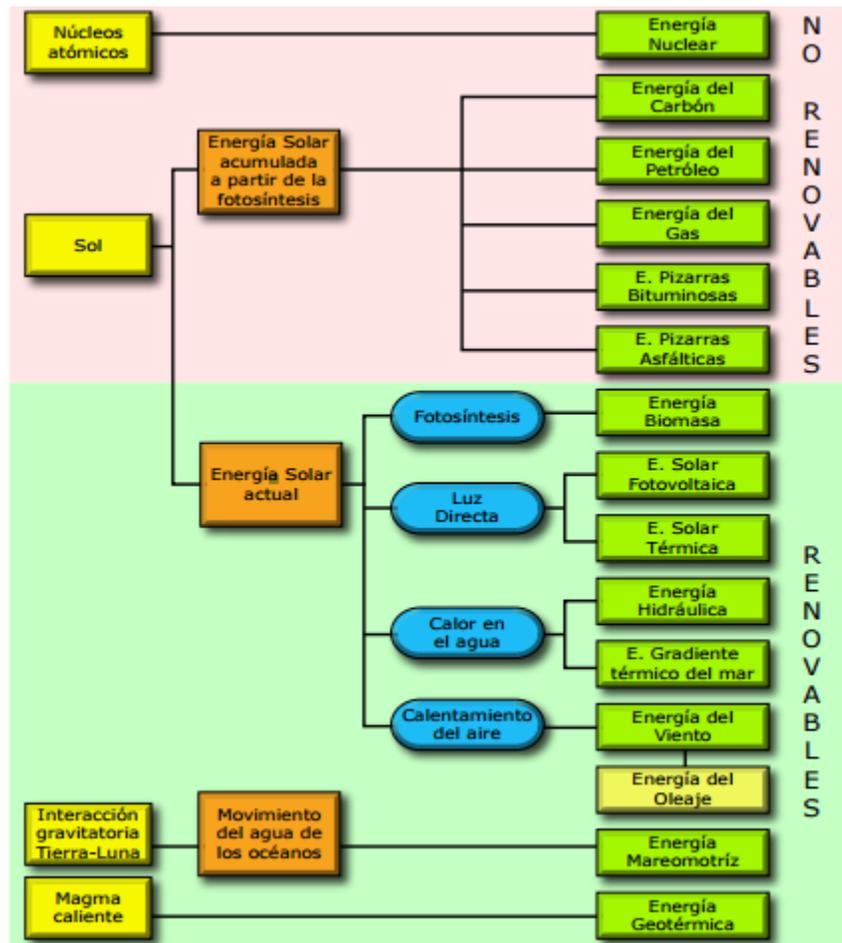


Figura 16. Las fuentes de energía disponibles de la tierra.

Fuente: <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo04.pdf>

ENERGÍA SOLAR

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra.

ENERGÍA SOLAR DIRECTA

Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de la ropa y algunos productos en proceso de producción con tecnología simple.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Se denomina térmica a la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración secado, etc., son aplicaciones térmicas.

ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Es la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin que tenga lugar un efecto térmico.

EL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica como se puede observar en la figura 17. (Orbegozo et. al., 2010a)

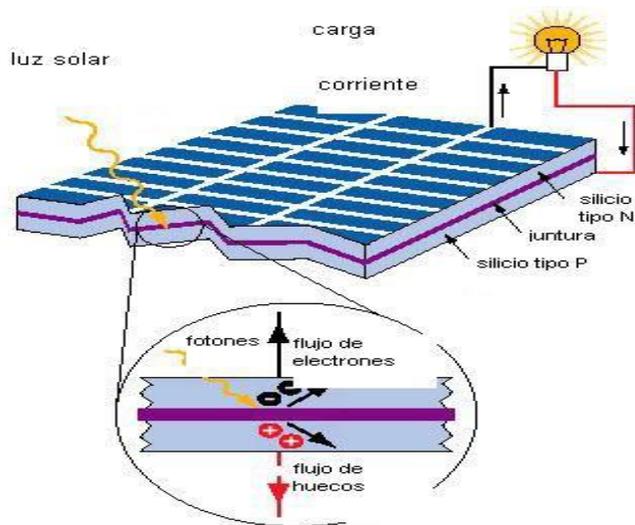


Figura 17. Esquema del efecto FV.

La eficiencia de las celdas solares es determinante para reducir los costos de los sistemas fotovoltaicos, ya que su producción es la más cara de todo el sistema. La tabla de la figura 18, muestra un panorama de las eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas. (Orbegozo et. al., 2010a)

Los sistemas solares fotovoltaicos aislados.

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo se trata de un sistema auto- abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V o 48V. (Pareja, M. 2010)

La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día

nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía. (Pareja, M. 2010)

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil. (Pareja, M. 2010)

Tecnología	Símbolo	Características	Eficiencia de celdas en laboratorio(%)	Eficiencia típica en módulos comerciales (%)
Silicio monocristalino	sc - Si	tipo oblea	24	(13-15)
Silicio policristalino	mc - Si	tipo oblea	19	(12-14)
Películas de silicio cristalino cobre cerámica	f - Si	tipo oblea	17	(8-11)
Película de silicio cristalino sobre vidrio		película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio - germanio)	a - Si	película delgada	13	(6-9)
Diseleniuro de cobre - indio / galios	CIGS	película delgada	18	(8-11)
Telurio de cadmio	CdTe	película delgada	18	(7-10)
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO2 sensibles a la humedad)		película delgada	11	
Celdas tandem de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	33 (tandem) 28 (solo)	

Figura 18. Eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas solares.

Este tipo de instalaciones son muy útiles para abastecer lugares de difícil acceso a donde llevar un punto de conexión de la Red Eléctrica resulta demasiado caro. Caso de existir grupos electrógenos permiten mejorar el nivel de vida al reducir o eliminar los ruidos, olores a combustibles y mantenimientos costosos. (Pareja, M. 2010)

2.4. INSTRUMENTOS

2.4.1. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL PROYECTO EN BASE A OTRAS EXPERIENCIAS:

Dada la influencia del aumento en los costos de los combustibles y la creciente atención global hacia la energía sostenible y la reducción de emisiones, es un hecho que las iniciativas con energías renovables emergerán y proliferarán en los próximos años. A medida que este cambio se consolide, será importante que los países del Caribe y sus instituciones regionales estén preparados para favorecer y apoyar opciones que sean ambientalmente y económicamente apropiadas y sustentables. Las políticas energéticas nacionales y regionales que reflejen este contexto cambiante necesitarán darle atención a:

- El establecimiento de marcos regulatorios claros y consistentes que presten atención a un amplio rango de fuentes energéticas incluyendo nuevas opciones renovables;
- Enfrentar los obstáculos estructurales para ampliar el sector energético, incluyendo la existencia de monopolios proveedores de energía en la mayoría de los países y los altos costos de todas las formas de energía para los pobres en ausencia de los subsidios cruzados que existen en los regímenes energéticos actuales;
- Creación de incentivos para el ahorro de energía, para industrias y familias;
- Desarrollo de opciones prometedoras de energías renovables, algunas de las cuales pudieran estar en la fase de investigación y desarrollo, incluyendo incentivos para el sector privado;
- Apoyo al desarrollo de tecnologías apropiadas a nivel local, por ejemplo, pequeñas turbinas eólicas que no afeen el paisaje y que puedan ser desmanteladas con rapidez y facilidad durante los ciclones, adecuadas al contexto de las pequeñas islas;
- Evaluación, monitoreo y regulación de los impactos ambientales de la producción y el consumo de fuentes renovables y convencionales de energía, por ejemplo, los estándares de consumo de electrodomésticos y vehículos.

El desafío de hacer la transición hacia un camino de energía sostenible se ha comenzado a enfrentar por los países del Caribe y sus instituciones regionales. A este nivel, los principales actores en el paisaje de la energía sostenible incluyen los siguientes:

- El Buró de Energía del Caribe, recientemente establecido dentro del Secretariado de la Comunidad del Caribe (CARICOM), está a cargo de la revisión de las políticas energéticas nacionales en todos los Estados Miembros y en desarrollar una política regional de energía sostenible y su marco regulatorio. El establecimiento de este Buró de Energía institucionaliza el papel del CARICOM en energía sostenible y sucede al Programa Caribeño de Energía Renovable (CREDP)², el cual funcionó desde 1998 hasta el 2008 y se enfocó en crear conciencia y apoyar el desarrollo de políticas. En adición al trabajo regulatorio y de formulación de políticas que el Buró de Energía ha llevado a cabo a partir del programa anterior, este tiende a moverse hacia nuevas áreas que están ahora en proceso de definición.
- En un nivel más amplio, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) de la cual algunos países caribeños son miembros, también contribuye a crear capacidad y estimular coherencia en las políticas regionales.
- El cuerpo regional de utilidades eléctricas (CARILEC en Inglés) y muchos de sus miembros han mostrado voluntad e interés en explorar alternativas renovables y sostenibles.
- CREDP-GTZ, un programa de la Agencia Alemana de Asistencia Técnica (GTZ), está apoyando, en asociación con el CARICOM, iniciativas de desarrollo de políticas y energía renovable en condiciones de campo.
- La multi-institucional Iniciativa Global de Energía sustentable para las Islas (GSEII en Inglés) ha contribuido a incrementar conciencia e interés en las opciones de energía sostenible en varios países de la región.

ENERGIA RENOVABLE EN LA ISLA DE CURACAO

La isla de Curaçao se encuentra en la región Sur del Caribe, aproximadamente 70 km (44 millas) al norte de Venezuela. Curaçao es la isla de mayor tamaño entre las seis islas del Caribe que en conjunto constituyen el Caribe Holandés. El área total de la isla es de 444 km cuadrados (171 millas cuadradas). En general la isla es plana, con una pequeña área montañosa en la región occidental.

Curaçao se caracteriza por sus temperaturas tropicales cálidas, con las máximas temperaturas en septiembre. Los cielos por lo general son despejados a nubosos parciales. La temperatura promedio en Curaçao es de 28 grados C (76F). Curaçao se encuentra fuera de la zona de huracanes.

El costo de la energía en Curaçao es de alrededor de US\$ 0.45 / kWh. El aumento en los precios ha generado un aumento en el interés por fuentes de energía renovable, tales como aire acondicionado con agua de mar, la energía eólica y la energía solar.

Estudios han demostrado que el 95% del viento en Curaçao viene de la misma dirección con velocidades casi constantes (velocidad media del viento es de 30 m es 8-9 m/s) lo que implica buenas condiciones para Parques Eólicos. Curaçao cuenta con dos parques eólicos que se encuentran en Playa Kanoa y Tera Kora. El gobierno local se ha comprometido con la energía limpia como el líder del Caribe en la energía eólica. Las pequeñas empresas y los habitantes con un sistema de energía solar tienen la posibilidad de compensar los costes de la electricidad mediante la venta del exceso de energía nuevamente a la compañía local de servicios públicos.

ENERGIA RENOVABLE EN LA ISLA DE BARBADOS

Barbados, es una nación de 430 kilómetros cuadrados con una población de 270,000, se considera que es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático - de los impactos agrícolas a la destrucción de sus ecosistemas costeros.

Sin embargo, esta pequeña nación ha dado grandes pasos para reducir su impacto en el clima y para proporcionar energía limpia y renovable -, así como oportunidades para el crecimiento económico verde - a su gente. Entre otras cosas, Barbados se ha comprometido a aumentar la cuota de energías renovables en toda la isla y el 29 por ciento de todo el consumo de electricidad en 2029. Esto reduciría los costos totales de electricidad en un estimado de USD 283,5 millones y reducir las emisiones de CO2 en 4,5 millones de toneladas, de acuerdo con el gobierno.

Se estima que el sector turístico de Barbados, que aporta aproximadamente el 15 por ciento del Producto Interno Bruto de la isla (PIB), y su industria azucarera, que aporta aproximadamente el 2 por ciento, podría tanto ser severamente afectado por el cambio de los patrones climáticos. En respuesta a estas amenazas, Barbados ha hecho "Construyendo una Economía Verde: El fortalecimiento de la infraestructura física y la preservación del medio ambiente" uno de los seis

La excesiva dependencia de la isla de los combustibles fósiles importados se ha convertido en una de sus mayores preocupaciones medioambientales. El Plan Estratégico Nacional, su nuevo Marco de Desarrollo de Mediano Plazo 2014-2020 y apoyando marco fiscal están diseñados para aliviar esta dependencia mediante el aumento de la oferta de energía renovable del país, con un enfoque especial en aumentar el número de los hogares calentadores solares de agua en Barbados. Calentadores solares de agua son ahora una tecnología de energía renovable ampliamente utilizado en Barbados, con instalaciones en casi la mitad de las unidades de vivienda de la isla. Sólo en 2002, Barbados salvó 15.000 toneladas métricas de emisiones de carbono y más de USD 100 millones en ahorros de energía de los sistemas de agua caliente solares 35.000 que se habían instalado en ese momento. El uso del calentador de agua solar es una de las más altas del mundo (calentadores de agua por cada mil hogares).

Tres empresas de Barbados llevan la instalación y fabricación de calentadores solares de agua en la isla, y ya se están expandiendo el potencial de mercado del Caribe en las cercanas islas de Trinidad y Santa Lucía.

La industria de calentadores solares de agua se inició en 1974 con la empresa pionera de Dinámica Solar. Ese esfuerzo temprano también fue apoyado por el Instituto Universitario de Investigación Bellairs McGill a principios de 1970. En los últimos tiempos, esa institución reinició su programa de formación solar con un enfoque en los sistemas eléctricos solares. Con una perspectiva regional, la formación ya se ha extendido a Belice.

Los derechos de importación sobre los sistemas de electricidad de energías renovables y el IVA se han reducido a cero y las empresas involucradas en el desarrollo, instalación o fabricación son elegibles para una libre de impuestos de fiesta de 10 años.

Los incentivos financieros para los fabricantes, tales como la concesión de préstamos a bajo interés por parte de la de Barbados, pueden servir más para ayudar a la diversificación y el crecimiento de la industria del calentador de agua solar.

También dijo que los sistemas de energía similares se instalarían en los refugios contra huracanes, que también estaría equipado con el poder de copia de seguridad necesaria para que puedan funcionar de manera efectiva en el caso de un huracán o cualquier otra emergencia.

En lo que respecta al transporte, la de Barbados también ha puesto a prueba el diseño y la implantación de los vehículos eléctricos en su principal atractivo natural, la Cueva de Harrison. Además, recorridos innovadores de la histórica ciudad de Bridgetown - que recientemente ha sido designado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO - han estado en vigor desde 2005 usando tranvías solares / de tracción eléctrica.

Estos esfuerzos se combinan la confianza del Gobierno para proteger sus productos de la herencia natural y cultural al tiempo que demuestra innovadora, los Pequeños Estados-Unidos apropiados oportunidades de mitigación del cambio climático.

En 2012, Barbados y el PNUMA pusieron en marcha el estudio de alcance Economía Verde - Informe de síntesis de Barbados, el cual fue diseñado para identificar retos y oportunidades en la transición de la isla a una economía verde, y para acelerar la transición.

PROYECTO FOTOVOLTAICO EN LA ISLA DE ISLA DE CUBA

Cuba está dando pasos firmes hacia la independencia energética. Por ello está implementando una serie de iniciativas que son una apuesta de futuro en la isla para contrarrestar los problemas que tiene Cuba abastecerse del petróleo y el perjuicio que esto supone para la economía del país, como los intentos de explotación de los pozos del golfo de México. En el año 2012 Cuba posee en su matriz energética un 4 % de energía renovable y las expectativas son de cubrir el 10% con fuentes de energía limpias para el año 2020.

Las primeras experiencias en Cuba de integración de la energía solar, han estado unidas a proyectos de electrificación rural. Desde finales de los años 80 y principios de los 90, se comenzó un programa de electrificación rural, con el objetivo de llevar electricidad a todas las regiones rurales montañosas y de difícil acceso, con la intención de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, sobre todo se extendieron las instalaciones en escuelas y centros de salud. La energía solar ha se ha utilizado en todo el planeta, para este tipo de proyectos, demostrado una alta capacidad y adaptación para cubrir las necesidades de estas poblaciones de una forma económica. El uso de fuentes renovables reduce la presión de las comunidades sobre el ecosistema, la deforestación que provoca el uso masivo de la leña por ejemplo y mejora las condiciones de salud evitando el humo de la combustión de leña.

Avanzar en la integración de estas nuevas tecnologías es muy importante para la seguridad del país, ya que la energía es el motor de la economía, por ello Cuba está inaugurando las primeras centrales fotovoltaicas a gran escala en el país. La primera central fotovoltaica a gran

escala tiene instalados más de 14.100 paneles de fabricación nacional. La fábrica se ubica en la provincia Pinar del Rio, y ha sido un punto fuerte los proyectos de electrificación rural. En ella se fabrican amplia gama de formatos. La planta está ubicada en la provincia de Cienfuegos. El parque, que se comenzó a construir en el 2012, conectará al sistema eléctrico nacional 2.6 MWp al finalizar totalmente su montaje.

2.4.2. PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

Dado que ya existen mapas de irradiancia solar a nivel mundial y a nivel nacional, el instrumento de análisis que se eligió es la aplicación de una entrevista; dirigida a personas con conocimientos del tema de investigación, con el objetivo de conocer su punto de vista acerca del desarrollo de este proyecto en el marco de la situación actual que distinguen a las Islas de la Bahía.

La entrevista se aplicó a cuatro profesionales expertos en el tema del sector de energía en el país. A continuación se detallan las conclusiones de la aplicación de las entrevistas:

- La energía solar representa un beneficio a nivel ambiental y de reducción de costos en el precio de la energía eléctrica.
- La implementación de un sistema fotovoltaico en la Isla de Guanaja presenta muchas ventajas ya que actualmente no existe otras alternativas en la isla.
- El uso de fuentes de energía solar ayudaran a abaratar los costos de energía actuales en la isla.
- La ubicación geográfica de la isla de Guanaja permite tener las condiciones climáticas para desarrollar un sistema fotovoltaico.

La Tabulación de datos y entrevista completa se encuentra en los anexos.

2.5. MARCO LEGAL

A continuación se mencionan las principales leyes y reglamentos que rigen el sector eléctrico hondureño. Se colocan en este informe debido a que este marco normativo también regula las actividades de los agentes económicos del subsector eléctrico en Islas de la Bahía:

- Decreto No. 158-94 de noviembre de 1994. Ley Marco del Subsector Eléctrico.
- Acuerdo No 934-97, de septiembre de 1997. Reglamento de la Ley Marco del Subsector Eléctrico.
- Decreto 131-98, publicado en mayo de 1998. Crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrico,
- Decreto 85-98, de abril de 1998. Ley de Incentivos con Fuentes Renovables.
- Decreto 267-98 de diciembre de 1998. Reforma a Ley de Incentivos del Decreto 85-98.
- Decreto 45-2000, de mayo del 2000. Reforma Art. 12 Decreto 267-98.
- Decreto 70-2007. Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, de octubre de 2007.
- Decreto 138-2013, ley Reforma a Decreto 2013 de Promoción a la Generación de Energía con Recursos Renovables.
- Decreto 404-2013. Ley General de la Industria Eléctrica.
- Decreto 13-2015 Instrucciones al ente regulador actual para que ponga en funcionamiento las tarifas establecidas por convenio directo entre el ente regulador anterior y la empresa privada, en sistemas aislados.

Es importante destacar que en junio de 2008 el Congreso Nacional de Honduras aprobó el Decreto 55-2008 de incentivos, el cual, fue vetado por el Presidente de la República. Por lo tanto, el Decreto 70-2007 sigue vigente con las reformas que se establecieron en Decreto 138-2013 y que no son derogados por el Decreto 404-2013, siempre y cuando estos, con sus incentivos y mandatos no se contrapongan o contradigan. Ahora prevalece sobre todas las otras leyes referentes al subsector eléctrico la Ley General de la Industria Eléctrica, Decreto 404-2013.

La Ley Marco del Subsector Eléctrico, de noviembre de 1994 antes citada, era la ley fundamental en materia de electricidad, podemos decir base de las otras leyes existentes en este subsector, establece los siguientes aspectos principales:

- La Ley plantea la necesidad de reformar la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), la cual ha estado en vigencia por más de 35 años (fue fundada en 1957). Tiene como objetivo esencial regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, y se aplica a todas las personas naturales y jurídicas y entes públicos, privados o mixtos, que participen en cualquiera de esas actividades. Uno de los objetivos fundamentales de la Ley es facilitar la participación de la empresa en las actividades de generación y fomentar la de distribución. También exhorta la realización de inversiones privadas en producción y distribución, asegurando la competitividad de los mercados donde sea posible. Específicamente, pretende promover la competitividad de los mercados de producción y demanda de electricidad para asegurar el suministro a largo plazo. Crea el Gabinete Energético como órgano de dirección superior y de definición y formulación de políticas del sub-sector eléctrico.
- Crea además la Comisión Nacional de Energía (CNE), a la cual le confiere independencia funcional, y le asigna tareas típicas de ente regulador, entre otras la de establecer la tasa de actualización para el cálculo de tarifas, aprobar y poner en vigencia las tarifas en barra y proponer las tarifas para el consumidor final. Mediante la reforma de 1998, estas funciones, así como las de la Comisión Nacional Supervisora de los Servicios Públicos (CNSSP), se le asignan a la Comisión Nacional de Energía (CNE), un órgano desconcentrado de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).
- Le asigna a la ENEE la responsabilidad de llevar a cabo la operación económica y el despacho de la energía, la celebración de contratos de importación y exportación y la preparación los programas de expansión del SIN.
- Autoriza a que las empresas públicas, privadas y mixtas vendan su energía directamente a un gran consumidor o a una empresa distribuidora. Los generadores también pueden tomar la iniciativa de su producto a ENEE, en cuyo caso la ENEE garantiza la compra si el precio es

igual o menor al costo marginal de corto plazo. Por otro lado, ENEE puede promover compras, en las cuales la tarifa será la que resulte de la respectiva licitación.

- En cuanto a las exportaciones de excedentes, la Ley señala se pueden realizar una vez que queden satisfechas las necesidades nacionales. En estos casos, corresponde pagar a ENEE únicamente el peaje por uso de sus instalaciones y gastos administrativos.
- Reserva para el Estado la conducción de la operación del Sistema de Transmisión y el Centro de Despacho. Sin embargo, permite la participación de empresas públicas, privadas o mixtas en la transmisión y distribución, señalando que deben permitir la conexión a sus instalaciones de cualquier empresa eléctrica o gran consumidor que la solicite.
- Las empresas distribuidoras deberán suscribir con las empresas generadoras, contratos de suministro de energía por plazo que no sean inferiores a 5 años.
- En caso de sistemas aislados, la empresa distribuidora contara con facilidades de generación.
- Establece un régimen tarifario, bajo los siguientes lineamientos:
 - a) a todos los clientes, con excepción de los residenciales, deberá cobrarseles entre 100% y 120% del costo total del suministro.
 - b) Para el sector residencial establece para el consumo que supere los 500 kWh debe cobrarse un 110% del costo, para el consumo entre 301 y 500 kWh establece un cobro no menor al 100%, para el consumo entre 101 y 300 kWh establece un cobro no menor al 80%, y para el consumo entre 0 y 100 kWh, un cobro no menor al 45%.
- Las tarifas aplicables a las ventas de una distribuidora se basaran en el concepto de Tarifa de Barra. Para el cálculo de la misma se tomara el promedio de los costos marginales sobre un periodo de 5 años.
- Las ventas de energía y potencia estarán exentas del pago de impuesto sobre ventas.
- Como condición para que las empresas de generación o distribución participen en el sector, establece el requisito de contar con un contrato de operación celebrado con la Secretaria de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte, cuya duración podrá estar entre 10 y 50 años. Estos contratos pueden ser renovados.

Por medio de la Ley de Incentivos con Fuentes Renovables, decreto 85-98, consolidada y actualizada mediante la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con recursos

renovables, decreto 70-2007 se establecen una serie de incentivos para la promoción de los proyectos eléctricos con base en fuentes de energía renovable. Los incentivos que señala la ley se dirigen a aquellos que utilicen fuentes hidráulicas, geotérmicas, solares, biomasa, eólica, alcohol, residuos sólidos urbanos, y fuentes vegetales.

Para garantizar el fomento a proyectos basados en recursos renovables, se considera que la contratación de electricidad de fuentes renovables tendrá prioridad de despacho sobre otras fuentes no renovables. Los proyectos renovables gozaran de los siguientes beneficios:

- a. Exoneración del pago de aranceles y gravámenes de importación, durante el periodo de estudio y construcción.
- b. Exoneración del impuesto de ventas de equipos, accesorios y repuestos, durante el periodo de estudio y construcción.
- c. Exoneración del pago del impuesto sobre la renta, aportación solidaria temporal, impuesto al activo neto, y todos aquellos impuestos conexos a la renta, durante un plazo de 10 años, contados a partir de inicio de operación comercial, para los proyectos con capacidad instalada de hasta 50 MW.
- d. Dispensa del pago de impuestos por importación temporal. Las plantas de energía renovables recibirán de la ENEE un contrato y durante 10 años una tarifa 10 % mayor que el costo marginal de corto plazo vigente a la firma del contrato.

Para las plantas de hasta 50 MW, el incremento de 10% en la tarifa se extenderá por 15 años. Los contratos de suministro de energía renovable que suscriba ENEE tendrán una duración máxima de 20 años. En términos de despacho, se establece muy claramente una prioridad para todas las centrales eléctricas con base en fuentes renovables. Para proyectos menores de 3 MW están exentos de suscribir un contrato de operación y tendrán una modalidad simplificada de licenciamiento de operación (art. 16 Decreto 70-2007).

El Decreto 138-2013 reforma el Decreto 70-2007, concediendo más incentivos a los inversionista que desarrollan proyectos de energía renovable como la exención de pagos de

permisos de construcción y operación, para la municipalidades, pago de otros cánones por el uso de los recursos, además a los proyectos que generan energía solar fotovoltaica le agrega al precio que paga la ENEE 3 ¢US\$/kWh generado sobre el precio ya incentivado por las exoneraciones fiscales y por el 10% sobre en los primeros 10 o 15 años de operación, según la capacidad instalada de la planta.

Otras leyes aplicables a este Proyecto:

- Constitución de la República- (Decreto No.131) Título VI, Del Régimen Económico
- Ley de Conservación Forestal- (Decreto 98-2007)
- Ley General del Ambiente y su Reglamento- (Decreto 104-93)
- Ley de Municipalidades-(Decreto 134-90),
- Ley de propiedad industrial- (Decreto 12-99)
- Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Con la metodología empleada para desarrollar esta investigación, se pretende que mediante la definición de las variables y los métodos diseñados, se puedan obtener resultados que den respuestas a cada una de las interrogantes planteadas en el estudio de factibilidad.

3.1.1. DEFINICION OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Variable Independiente: Diseño de un Sistema Fotovoltaico que cuente con los elementos y la infraestructura tecnológica adecuada para producir energía eléctrica en la Isla de Guanaja.

Variable Dependiente: Generación de energía eléctrica de acuerdo a la demanda de consumo energético en la Isla de Guanaja.

3.1.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 6. Matriz de operacionalización de las variables.

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicadores	Preguntas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional					
Sistema Fotovoltaico	Es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre		Elementos	Elementos conectados para trabajar conjuntamente	¿Cuáles son los componentes requeridos para formar este sistema? ¿Cuáles son los parámetros a tomar en cuenta para dimensionar los sistemas? ¿Cuánta energía eléctrica se requiere para suplir las necesidades de la zona?	Razón	Bibliografía
				Dimensionamiento		Razón	Bibliografía
			Energía solar	Fuentes de energía renovable		Nominal	Bibliografía
				Demanda		La cantidad de energía que se pretende generar	Razón
			Infraestructura tecnológica (cantidad de equipos)			Razón	Bibliografía

Tabla 7. Matriz de operacionalización de las variables.

Variable Dependiente	Definición		Dimensión	Indicadores	Preguntas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional					
Generación de energía eléctrica	Consiste en la transformación de alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras en energía eléctrica mediante un generador, varían en función a la fuente de energía primaria que utiliza para convertir la contenida en ella, en eléctrica.		Generar energía	Energía eléctrica	¿Cuáles son los cálculos que nos ayudan a determinar cuál es la potencia requerida a la que se debe de dimensionar el sistema? ¿Cuáles son los valores de consumo energético en la población de Guanaja?	Razón	Bibliografía
				Potencia		Razón	Entrevista
				Demanda		Razón	Entrevista

3.1.3. HIPÓTESIS

Por medio de este trabajo se pretende demostrar que la energía solar es un recurso que se sustenta a sí mismo y que es viable la implementación de un sistema fotovoltaico en la isla de Guanaja el cual irá interconectado directamente a la red eléctrica pública. Este proyecto vendrá a mejorar la calidad del sistema eléctrico de la isla.

Esta hipótesis será comprobada mediante la aplicación de teorías científicas que lo que hacen es estudiar los sistemas fotovoltaicos a través de cálculos energéticos con los que se concluye que la eficiencia del sistema al compararla con la capacidad instalada, produce una generación eficiente de energía. Además de ellos se hará un estudio financiero para concluir la factibilidad económica del proyecto y la proyección de años en los que el proyecto tendrá su recuperación.

3.2.ENFOQUE Y MÉTODOS

En cuanto a la naturaleza de la investigación el enfoque es mixto debido a la referencia del análisis de datos de manera cuantitativa y cualitativa, de forma documental, así como recopilación de datos en campo entre ellos observaciones, entrevistas y recopilaciones bibliográficas. En cuanto al método se puede decir que es científico porque se incluye técnicas de observación sistemática, razonamiento, medición, cálculo y predicción.

3.3.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, es en una investigación de búsqueda empírica y sistemática. Para esta investigación las manifestaciones ya han ocurrido o sea que son inherentemente no manipulables. “Se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables, sin intervención directa sobre la variación simultánea de las variables independientes y dependientes” (Kerlinger, 2002).

Ya que no se realiza una manipulación intencional de ninguna de las variables de investigación, el estudio posee un diseño No Experimental, se busca sencillamente analizar el fenómeno desde su contexto natural para obtener información referente a la situación económica, social y demográfica de la Isla, necesarios para la implementación de un proyecto de fotovoltaico y exponer las causas, efectos y soluciones enfocadas al tema de investigación.

La recolección de datos se da en un solo momento, Luego se describen las consideraciones relacionadas con las limitantes existentes, de este modo la investigación tiene diseño transversal. Para Las hipótesis planteadas son del tipo correlación, ya que “las variables implícitas son analizadas y relacionadas entre ellas con respecto a la unidad de análisis de este estudio, teniendo incidencia directa en las causas y efectos de la investigación, cabe mencionar que no existe diferencia de grupos y las variables son examinadas de forma colectiva” (Hernández, 2010)

3.3.1. POBLACIÓN

La población permite recaudar todos los elementos de análisis que permiten hacer posible el logro de los objetivos de estudio. Donde según Hernández, Fernández y Baptista (2003) “Población o universo: conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.”(pág. 304).

En el caso específico de esta investigación serán seleccionados solamente un tipo de población, que son ingenieros electricistas y ambientales con empleos en el rubro de energías renovables, sin embargo para el desarrollo del presente estudio también se obtuvo información de los datos estadísticos de consumo energéticos de la Isla de Guanaja, información proporcionada por la ENEE.

3.3.2. MUESTRA

En la parte de la recolección de la muestra, fue bastante favorable, ya que se realizó a través de una entrevista hecha a cuatro personas donde se respondió cada pregunta sin ningún problema y los ingenieros aportaron información valiosa para el desarrollo de este trabajo de investigación y se aplicó un método estadísticos para pequeñas muestras que considera como representativo este dato. Esta misma se hizo considerando los objetivos de la tesis y el problema planteado anteriormente.

3.3.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

Para la realización de este estudio de investigación, se ha requerido de la participación de personas que laboran en empresas que se dedican a la producción de proyectos de energía renovable ya que el desarrollo de la misma implica el conocimiento, opiniones y la experiencia, en el rubro. La unidad de análisis objeto de estudio se define como:

Empleados de empresas: grupo de personas que laboran para empresas dedicadas al rubro de generación de energía renovable.

Los objetos de estudio de la investigación son:

- Energía fotovoltaica
- Medio ambiente

3.3.4. UNIDAD DE RESPUESTA

La unidad de respuesta comprende las preguntas formuladas a través de la entrevista a la población de este estudio, la cual está integrada por el recurso humano de Empresas, la mayoría de ellos técnicos del área de producción. Brindaron su opinión Y aportes técnicos respecto a su percepción hacia proyectos de generación de energía fotovoltaica.

3.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

3.4.1. INSTRUMENTOS

El instrumento seleccionado para llevar a cabo el sondeo de opinión ante las personas objeto de estudio en esta investigación, fue mediante un formulario semi estructurado con preguntas abiertas, para evaluar la opinión de los técnicos a los que se le aplicó y para conocer el porqué de sus respuestas.

3.4.2. TIPOS DE INSTRUMENTOS

Se elaboró un formulario con diversas preguntas semi estructurado abiertas para conocer la opinión de los técnicos, y la percepción de ellos a través de las opiniones dadas en el desarrollo de la encuesta.

3.4.3. TÉCNICAS

Las técnicas para la recolección de información comprenden todas las herramientas a través de las cuales se adquirieron los datos para luego ser analizados en el proceso de la investigación. Esta comprendió la revisión del material disponible, encontrado en bibliografías consultadas y estudios realizados por otros investigadores acerca del área del sector eléctrico y ecológico, a fin de reunir la suficiente información que permitió describir el marco teórico que sirvió de base técnica a la investigación y que a su vez fue el aporte principal para desarrollar las preguntas formuladas en el cuestionario que se utilizó para llevar a cabo las entrevistas. Tomando en cuenta que la recolección de datos es de carácter fundamental en la presente tesis, la entrevista cumple un rol esencial, ya que proporciona información precisa y de significativa importancia para el cumplimiento y alcance de los objetivos.

Las entrevistas que se realizaron a los diferentes ingenieros eléctricos y ambientales que laboraron en el pasado o en la actualidad en el área de energía eléctrica aportarán información sobre sus experiencias y conocimientos acerca de la electricidad con fuente de energías renovables aplicada en generación de electricidad fuera de lo convencional; esto a través de 9 preguntas que fueron establecidas a lo largo de un dialogo entre el entrevistado y lo entrevistador. La información obtenida fue de gran relevancia debido a que ellos poseen gran información oficial acerca de sus experiencias al implementar este tipo de sistemas en el territorio nacional.

3.4.4. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación, están sustentados en métodos, técnicas y procedimientos adecuados y cumplen con requisitos válidos. En consecuencia como el enfoque es cuantitativo y cualitativo son creíbles, confiables, precisos y se pueden confirmar.

3.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

3.5.1. FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias de información identificadas en este estudio de investigación son procedentes de la entrevista realizada los ingenieros electricista y ambientales que trabajan o trabajaron en el rubro de generación de energías renovables.

3.5.2. FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias utilizadas provienen de los estados estadísticos de la ENEE responsable de la facturación según el consumo de energía en la Isla de Guanaja.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto es energía solar convertida a eléctrica en un parque solar fotovoltaico con una potencia nominal de 502.2 kW, que estará conectada al Sistema Interconectado Nacional, la totalidad de la producción de energía eléctrica se venderá a la ENEE para que pueda entrar a vender a la isla y cambiar la matriz energética ya que la empresa privada que lo maneja tiene elevados costos además de un mal sistema de generación y de distribución.

4.2. DEFINICIÓN DEL MODELO DE NEGOCIOS

El modelo de negocio es sencillo: es ofrecer el bien y venderlo. Mediante la Ley Marco del Subsector Eléctrico Nacional que valida la comercialización de energía por parte de empresas privadas a la ENEE. Durante la vigencia del contrato de los proyectos de generación de energía renovable, Se hará la venta total de energía generada a la ENEE que resultará de la suma del Precio Base y los ajustes por inflación que se establecen en la presente Ley. El modelo de negocio de la ENEE en la isla será de competencia, ya que como lo vimos en el análisis del entorno el modelo de negocio energético en la isla es un monopolio.

4.3. PROPIEDAD INTELECTUAL

Se tiene todo el permiso legal para emprender un estudio de energía renovable y de ser factible poder comercializar. En el año 1994 Honduras experimentó la peor crisis energética de su historia, en donde los racionamientos de energía tuvieron una duración de hasta 14 horas al día en algunos sectores, provocando pérdidas incalculables en el sector productivo y comercial. Por tal motivo y en base a esa mala experiencia, el gobierno de la república en noviembre de 1994, aprobó la Ley Marco del Subsector Eléctrico Nacional mediante el decreto 158-94. Con el propósito de involucrar al sector privado en las actividades de generación, transmisión y distribución, desde entonces la Secretaría de Estado en los Despachos de Energía, Recursos Naturales y Ambiente y Minas (SERNAM) ha aprobado muchos permisos para el estudio y ha

autorizado varios estudios de factibilidad de proyectos de generación principalmente hidroeléctricas, eólicas, biomasa y térmicas.

Esta ley tiene como objetivo principal, regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica que tengan lugar en el territorio nacional y se aplicará a todas las personas naturales y jurídicas, entes públicos, privados o mixtos que participen en cualquiera de las actividades antes mencionadas; tales actividades hasta ese momento eran desarrolladas por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE).

Considerando que desde mayo de 2007 la economía hondureña está atravesando una crisis, por factores principalmente internacionales, que derivan de los altos costos de todo tipo de combustibles y que causan el encarecimiento de la mayoría de los bienes de consumo así como los altos costos de la energía eléctrica, por ende la urgencia de implementar políticas para el ahorro energético y reducir la dependencia de los derivados del petróleo, más el interés público de aprovechar los recursos naturales para mejorar la balanza de pagos y evitar la fuga de divisas por la compra de combustibles fósiles que alimentan las plantas térmicas, bajo decreto 70-2007 promulgó la Ley De Promoción A La Generación De Energía Eléctrica Con Recursos Renovables, que fue publicada en el diario oficial La Gaceta el día 2 de octubre de 2007, donde se establecen una serie de incentivos como son: las exoneraciones de varios impuestos, la mejora en los procesos para permisos y licencias y cambios en los valores tarifarios de compra venta de energía a los desarrolladores tanto privados, estatales, municipales y mixtos. Es mediante esta Ley que se pretende obtener un impulso en el desarrollo de todo tipo de proyectos con las fuentes renovables.

Los detalles de estas leyes se dan más ampliamente en el marco legal, se mencionan en este apartado con el objetivo de demostrar que se puede realizar un proyecto de investigación en este campo sin violentar la propiedad intelectual.

El activo de propiedad intelectual registrado que este proyecto dispondrá es tanto el documento de investigación presentado y toda su implementación de diseño industrial, nombre industrial, procedimientos y todas las disposiciones en los derechos de propiedad intelectual de la legislación nacional.

4.4. ESTUDIO DE MERCADO

4.4.1. ANALISIS DE LA COMPETENCIA Y LA INDUSTRIA

El mercado a enfocarse es la ENEE. El plan de acción es vender a la ENEE y que esta sea la promotora de un cambio a el sistema energético puesto que como se mencionó en el capítulo 1 la empresa BELCO que es quien maneja ese sector energético tiene precios tan altos que llegan a los \$0.65 USD y que además de eso la cobertura y la capacidad de abastecimiento es pésima. Los servicios de electricidad en Honduras (a excepción de Islas de la Bahía) son operados por el Estado a través de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), una empresa verticalmente integrada, creada en 1957 para ejecutar el sector de electricidad en todo el país. Antes de la creación de la ENEE, cada ciudad fue atendida por las unidades generadoras pequeñas, sobre todo de diésel, que eran de propiedad y operados por municipios o empresas privadas.

El Estado fundó la ENEE para aplicar una estrategia nacional de electricidad y para crear una transmisión integrada del sistema de distribución para llegar a todas las ciudades y regiones. La ENEE es ahora una de las más grandes empresas en el país. Se obtuvo unos ingresos de 702 millones dólares EE.UU. en 2009 con Aproximadamente 2.800 empleados. En la década de 1990, la demanda de energía superó la capacidad de la ENEE para el suministro de electricidad como la empresa carecía de fondos para inversiones, El gobierno de Honduras decidió reformar el sector en 1994 para permitir la participación privada de esta manera, crear una industria competitiva.

El estado estableció un nuevo marco jurídico para atraer las inversiones privadas en generación y distribución de energía. Se trataba de ampliar aún más los servicios y el aumento de eficiencia económica. Los objetivos previstos de la reforma de 1994 se han alcanzado parcialmente, las inversiones privadas tuvieron lugar en el área de generación, pero no sucede en la distribución. En la actualidad, alrededor del 63 por ciento de la capacidad de generación del país es propiedad privada y el 61 por ciento de la electricidad producidas en 2009 provenían de los generadores privados. La ENEE ha mantenido una posición vertical como la empresa de energía integrada que opera el sistema eléctrico integrado y es el comprador y distribuidor de energía única en Honduras. La capacidad nominal del país para la generación apenas se ha mantenido al día con la demanda, ya que creció a 5,72% anual durante la última década.

En 2015, de acuerdo con un informe de esa empresa, la mayor demanda se registró a las 7:19 de la noche del 27 de abril, cuando llegó a 1,445 MW. Para cubrir la demanda interna se tuvo que importar 8,200 MW (8.2 GW / hora) de Guatemala y El Salvador, así como del mercado regional de oportunidades. Hoy día la demanda es de 1380 MW y la demanda según proyección irá en aumento así que la oportunidad de negocio es clara.

Proyección de demanda de energía eléctrica

Electricidad El sector que mayor demanda de energía experimentará en el mediano plazo es el residencial

► En megavatios hora
3,000

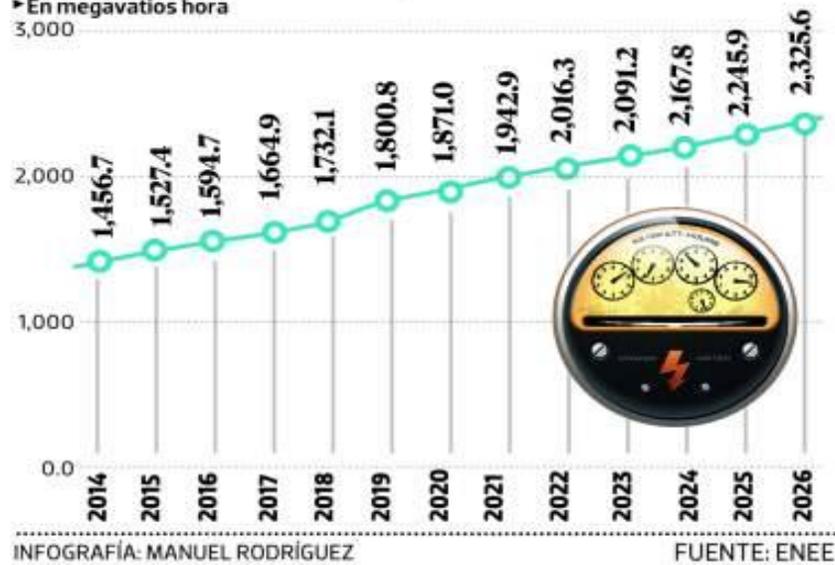


Figura 19 Proyección de la demanda de energía.

Fuente ENEE

En el último registro del mes de noviembre 2015 de la ENEE la capacidad instalada es 2,251.9MW y los tres grupos más grandes, la ENEE y dos empresas privadas, Luz y Fuerza de San Lorenzo SA (Lufussa) y el Grupo Terra, concentran 78% del total.

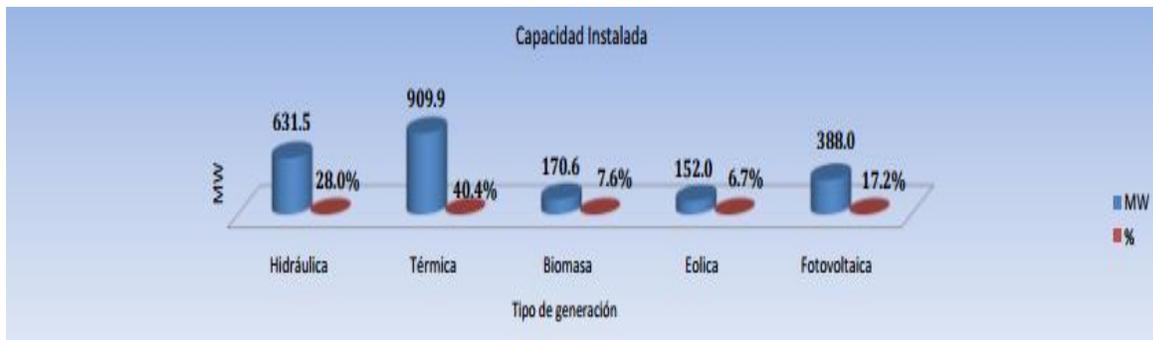


Figura 20. Capacidad instalada hasta noviembre 2015 según tipo de generación.

Fuente: ENEE

Se tiene previsto que la capacidad de generación de los proyectos de la ENEE crecerán en alrededor de 6% anual hasta el 2020 para continuar con el crecimiento de la demanda proyectada. La estrategia de expansión de la ENEE es diversificar la matriz energética del país. El gobierno quiere fomentar nuevas inversiones en la generación de renovables, siendo así menor será la necesidad de divisas para importar los combustibles fósiles. El desarrollo de proyectos de energía hidroeléctrica toman más tiempo implementarlos y la ENEE considera que la energía solar puede ser una iniciativa viable de ampliar la generación de energía para complementar la generación de energía hidroeléctrica actual.

TOTAL ENERGIA NETA GENERADA EN EL SISTEMA ENEE						
TIPO DE PLANTA	AÑO 2014		NOVIEMBRE 2015		ACUMULADO 2015	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
TOTAL SISTEMA	8,068.2	100.0	731.9	100.0	7,889.8	100.0
Hidráulica	2,588.8	32.1	198.8	27.2	2,165.5	27.4
Térmica	4,630.3	57.4	379.5	51.8	4,348.8	55.1
Biomasa	173.7	2.2	18.3	2.5	301.0	3.8
Eólico	396.9	4.9	45.9	6.3	596.6	7.6
Fotovoltaica	0.0	0.0	73.1	10.0	350.1	4.4
Intercambio (Importacion)	278.5	3.5	16.3	2.2	127.8	1.6

Figura 21. Energía generada hasta noviembre 2015.

Fuente: ENEE

Hasta este punto como vemos la energía solar solo ha aportado un 1.6% en la generación y en base a la prioridad del gobierno la oportunidad de competir en esta industria está abierta.

4.5. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

4.5.1. ESTUDIO ENERGETICO

En este apartado se llevará a cabo un análisis de la radiación solar. Para la obtención de estos datos se utilizó el programa RETScreen es una herramienta de software de análisis de proyectos de energía limpia basada en Excel que ayuda a los tomadores de decisiones de forma rápida y poco costosa a determinar la viabilidad técnica y económica del potencial de las energías renovables, la eficiencia energética y proyectos de cogeneración.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona de instalación elegida, es la isla de Guanaja, Islas de la Bahía Honduras por las condiciones de horas de sol y de radiación recibida, permite asegurar unos altos rendimientos de producción energética en relación con la inversión realizada y con la vida prevista de la central. Según un estudio de Heliofanía en Honduras realizado por la sección de energía del Departamento de Física de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras; En general, Honduras tiene un buen índice de insolación, por lo que el recurso solar puede ser considerado como una alternativa energética viable, ambientalmente amigable y auto sostenible.



Figura 22. Localización del Proyecto Guanaja coordenadas latitud 16.45038,-85.9280

Fuente: Google Maps

La irradiancia solar es la intensidad de la radiación electromagnética solar incidente en una superficie de 1 metro cuadrado [kW/m²]. Al atravesar la atmósfera, la intensidad de la radiación solar decae porque es parcialmente reflejada y absorbida (por el vapor de agua y gases atmosféricos). La radiación que logra atravesarla queda parcialmente difusa por el aire y las partículas sólidas en él suspendida. . “La región insular ocupa el tercer lugar en cantidad de brillo solar (7.0).”(SECCION ENERGIA, UNAH). Los máximos valores se reportan en la zona sur donde ya se cuenta con proyectos fotovoltaicos. Estos valores se reflejan en un mapa de radiación solar

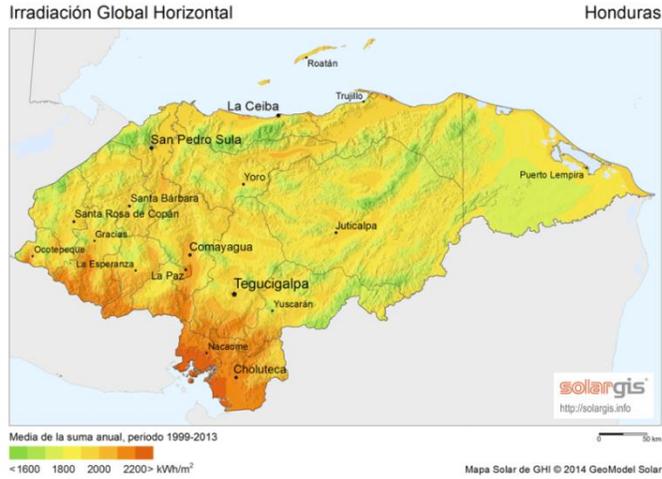


Figura 23. Mapa solar de Honduras.

Fuente: SolarGris

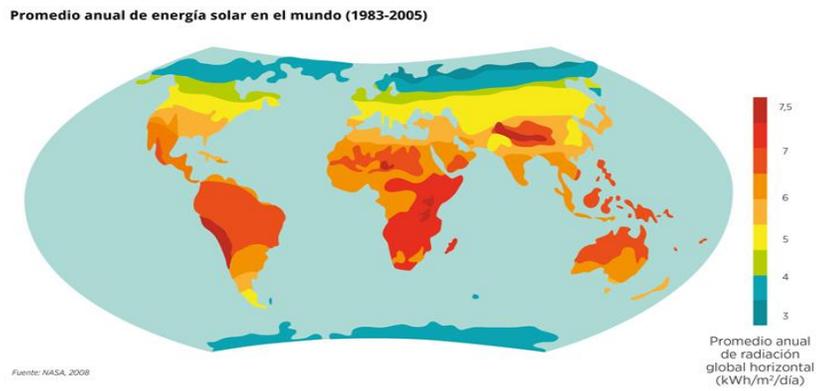


Figura 24. Muestra de un mapa solar mundial que nos hace ver que la franja central mundial tiene alta radiación solar

Fuente: NASA

4.5.2. INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN

4.5.2.1. EQUIPO REQUERIDO

El área de Trabajo es de 4560 m^2 compuesto por un total de 1620 paneles solares dispuestos en grupos en soportes o Mesas de 15 paneles situados en serie y paralelamente a 2 alturas, y por lo tanto $15 \times 2 = 30$ módulos fotovoltaicos/mesa. Haciendo un total de 54 mesas dispuestas. También un total de 54 inversores ya que es un inversor por cada mesa, serán 10 filas de 5 mesas y una fila de 4 con una distancia entre mesas de 5 metros. Todos estos datos se explicaran a continuación.

- **Módulos o Paneles solares**

Se usaran paneles solares YL310P-35b marca Yingli solar con una capacidad de 310 kW de potencia de salida todas las demás especificaciones ver anexos.

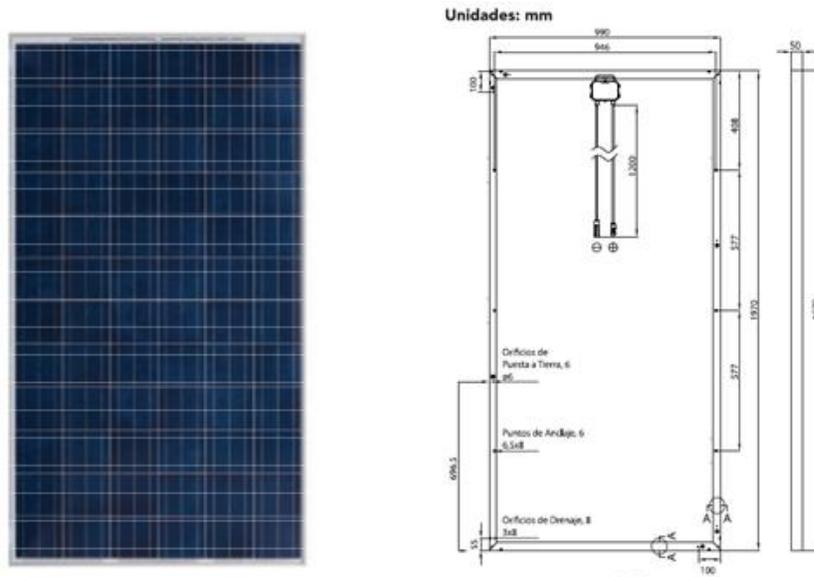


Figura 25. Panel solar YL310P-35b

Fuente: Manual del Panel

- **Inversor**

Se utilizaran inversores marca Kaco Blueplanet de 9900 Watts de potencia para cada mesa ya que la capacidad de cada panel es 310 Watts y son 30 por cada mesa se necesita un inversor mayor de 9300 Watts.



Figura 26. Inversor marca Kaco

Fuente: Manual de Inversor

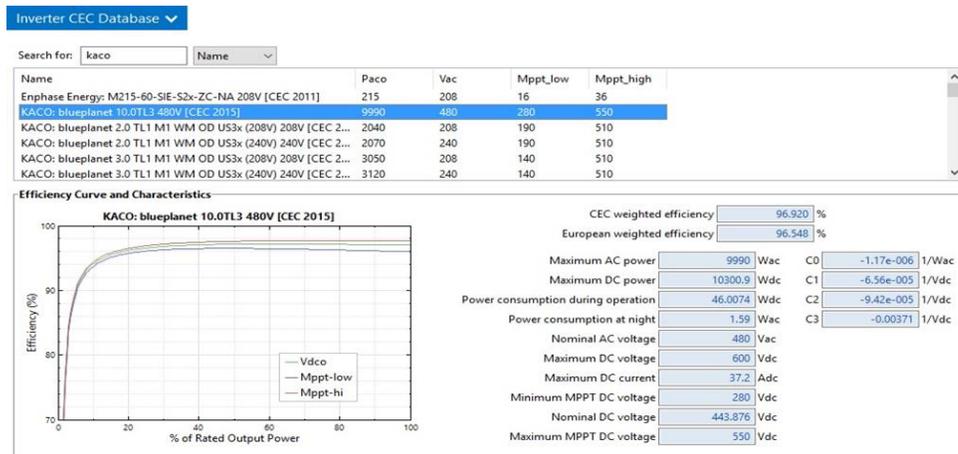


Figura 27. Especificaciones del inversor marca Kaco

Fuente: Manual del inversor

- **Transformador de corriente**

La planta fotovoltaica dispondrá de un transformador de potencia de 6000 W marca TorTech para todo el bloque modular. Estos transformadores tienen la finalidad de elevar la Baja tensión a Media Tensión para realizar el transporte de energía por la planta disminuyendo al máximo las pérdidas, y elevando la tensión a la tensión de evacuación definida por la ENEE (34.5 kV). De este modo es posible no recurrir a otro transformador elevador que se localizaría junto al centro de seccionamiento para elevar la tensión antes de evacuar a la red de distribución.

Debido a que la temperatura cobra una importancia destacable en el funcionamiento de los transformadores se ha tomado dejar este transformador un poco sobredimensionado. Existen diversos factores que afectan a la duración de la vida de un transformador. Esta duración depende mucho de acontecimientos extraordinarios, como pueden ser sobretensiones, cortocircuitos en la red y sobrecargas de emergencia. La esperanza de vida normal está definida para un servicio continuo ininterrumpido a la temperatura ambiente de referencia y en las condiciones de funcionamiento asignadas.

- Si la carga aplicada supera las definidas en la placa de características y/o la temperatura ambiente es superior al valor asignado, esto implica un riesgo y una aceleración del envejecimiento del transformador.
- El sobrecargar un transformador por encima de los valores asignados acarrea diversas consecuencias, entre las que se encuentran:
- Las temperaturas de los arrollamientos, piezas de apriete, conexiones, aislamientos y del aceite, aumentan y pueden alcanzar valores inaceptables.
- La densidad del flujo de dispersión fuera del circuito magnético aumenta y provoca un incremento de calentamiento por corrientes de Foucault en las partes metálicas atravesadas por el flujo.
- La combinación del flujo principal y el de dispersión limitan la posibilidad de sobreexcitar el circuito magnético.

- Las variaciones de temperatura implican modificaciones en el contenido de humedad y gases, en los aislamientos y en el aceite.
- Los bornes, cambiadores de tomas, terminales de cable y los transformadores de intensidad se verán también expuestos a condiciones más severas reduciendo sus posibilidades de utilización.
- Como consecuencia de todo lo anteriormente citado, habrá un riesgo de fallo prematuro asociado al aumento de corrientes y temperaturas.

El efecto sobre el transformador de la temperatura puede ser tanto a corto como a largo plazo. Como efectos a corto plazo se tienen: temperaturas elevadas provocan un deterioro temporal de las propiedades mecánicas con la consecuente reducción de la capacidad de soportar esfuerzos de cortocircuito; si la temperatura de aislamiento excede la temperatura crítica, se puede producir acumulación de gases en los pasatapas o una expansión del aceite que provoque un desbordamiento del mismo en el depósito conservador... Como efectos a largo plazo se pueden destacar: se producirá una aceleración de la degradación térmica acumulativa del aislamiento de los conductores, al igual que de otros materiales aislantes, partes estructurales y los conductores mismos; las juntas del transformador pueden volverse más frágiles a altas temperaturas.

Por lo tanto, transformadores localizados en zonas geográficas con temperaturas ambientes más bajas que en zonas cálidas, pueden trabajar con una mayor capacidad de carga. En zonas donde las temperaturas ambientes no son altas los transformadores pueden trabajar en sobrecarga sin disminuir su vida útil.

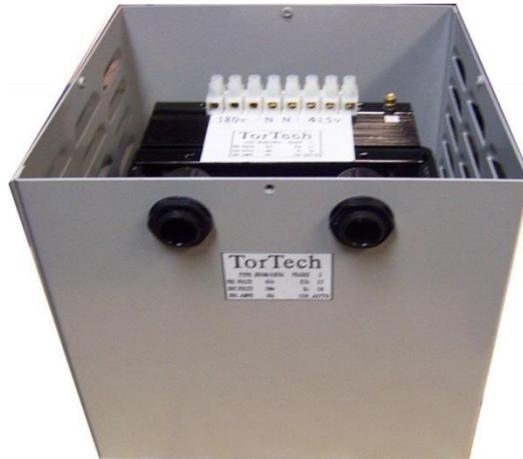


Figura 28. Transformador TorTech.

Fuente: catalogo

This is a 3 Phase Isolation Transformer 415v/415v with the earth screen between the input and output to reduce the transferred noise .

The test voltage input to output is 4KV rms.

The enclosed transformer is in a IP 23 enclosure

(2 being the dust resistant rating and 3 being the water resistant rating)

Glands are provided for input and output cables

Input	415V 3PHASE 50Hz
Output	415V 3PHASE 50Hz
Power	6 kVA
Enclosure	Zinc seal steel powder coated grey (IP23) Other enclosures possible (IP65)
Dimensions	410 (l) x 360 (w) x 425 (h) mm
Weight	72 Kg
Connection	3 wire delta / 4 wire star (other connections possible)
Standards	AS60076 Power transformers
Lead time	1-2 weeks

Figura 29. Parámetros de Transformador TorTech

Fuente: catalogo

- **Soporte de paneles.**

La estructura debe tener las funciones principales de servir de soporte y fijación segura de los módulos fotovoltaicos ya que la disposición de las placas solares sobre el terreno exige la colocación de una estructura que les sirva de soporte, a la vez que asegura su correcta orientación. Así como proporcionarles una inclinación y orientación adecuadas, para obtener un máximo aprovechamiento de la energía solar incidente y necesita menos espacio.

La estructura seleccionada es una estructura fija, La base de la estructura debe efectuarse para que ofrezca la resistencia suficiente para soportar el empuje del viento sin volcarse (aproximadamente 250 Kg/m²). Con una cimentación de los postes propios de la estructura portante. En el caso de encontrar rocas, se debe perforar previamente al hincado. La potencia en instalaciones con estructuras fijas es cada vez mayor, debido a los menores costos de construcción y mantenimiento, lo que compensa la menor producción de energía eléctrica, a lo largo de la vida útil de este tipo de centrales, que es de unos 20-25 años.

En estructuras fijas, normalmente de 2 a 5 paneles de ancho y de longitud variable según la forma de la parcela y la planta de distribución. Las placas solares se agrupan formando mesas, Estas mesas están soportadas por unas pequeñas estructuras de acero o aluminio cuyo elemento básico es un entramado plano de barras en dirección transversal, normalmente con 1 o 2 pilares. Según el método constructivo, los pilotes pueden ser perforados o hincados; en el caso de cargas pequeñas, se pueden utilizar también pilotes atornillados. Los más habituales en instalaciones con estructuras fijas son los hincados, si las condiciones del terreno (resistencia, deformabilidad, hincabilidad) así lo permiten, como ocurre con la mayor parte de los suelos presentes en las zonas de poca pendiente donde se suelen implantar las huertas solares.



Figura 30. Estructura de Hincado a utilizar.

El paso libre entre filas (dirección este -oeste) será como mínimo de 5 metros para facilitar el paso de maquinaria y evitar sombras entre líneas. Los módulos fotovoltaicos se instalan en posición Horizontal con una inclinación fija de 15° y un azimut de 0° dirección sur. Esta orientación y azimut garantizan la máxima producción a lo largo del año para la latitud de la Planta en Guanaja.

La estructura elegida será de aluminio, material resistente a la corrosión y con un buen compromiso calidad-precio, será de la marca; Schletter, tipo; FS Uno. Soportará vientos de 90 mph, 4 postes fundidos (hincado) por rack, con un empotramiento preliminar de 5 pies (1.524 m.). Cada mesa de la estructura dispone de 30 módulos fotovoltaicos en posición vertical, en configuración de 2 filas por 8 módulos a lo largo y luego esa misma configuración a una segunda altura. La distancia entre filas (es decir, la distancia desde la parte trasera de cada fila hasta la parte delantera de la fila siguiente) será como mínimo de 5 m. La distancia desde el suelo a la parte baja de los módulos será como mínimo de 2 pies (0.61mts). En cualquier caso la distancia entre filas será tal que no exista sombreado entre filas de módulos entre las 10:00 y las 14:00 el día 21 de diciembre (solsticio de invierno). La estructura se posicionará de manera que se eviten sombras.

Para el mejor aprovechamiento de la irradiancia sobre todo el conjunto, la Planta Fotovoltaica tendrá todos sus arreglos de paneles orientados en dirección Sur. De esa manera también serán colocados los soportes y estarán eléctricamente unidos a una toma de tierra, y asegurará un buen contacto eléctrico entre el marco del módulo y la tierra para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador. La utilización de una adecuada estructura facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y mejora la estética de la planta en su conjunto. El sistema de montaje deberá permitir el montaje y desmontaje de los módulos fotovoltaicos con facilidad, así como facilitar el mantenimiento y la limpieza.



Figura 31. Esquema básico de montaje

- **Cálculo de Sombras.**

La situación de las diferentes filas de paneles ha de ser tal que en ningún momento se produzca la proyección de sombras de unos paneles sobre otros. La distancia mínima entre líneas de paneles para evitar el sombreado de una fila sobre la siguiente se realiza a partir de los siguientes cálculos; $\delta = -23.45^\circ$ (valor empleado para el hemisferio norte, ya que es el valor de la declinación solar en el día en el que la altura solar es mínima. El día más desfavorable, en el que dicha declinación es mínima, corresponde al solsticio de invierno en el hemisferio norte, el 21-22 de Diciembre). Habrá que tener dos puntos de vista:

Utilización todo el año o invierno, donde el día más desfavorable será el 21 de diciembre.

$$\phi \text{ min} = (90^\circ - \phi) - \delta$$

Utilización en verano, donde el día más desfavorable será el 21 de marzo o septiembre.

$$\phi \text{ min} = (90^\circ - \phi)$$

Donde:

$\phi \text{ min}$ = Altura solar mínima al mediodía solar.

B = ancho de la Línea de Paneles

H=altura de la estructura de paneles (tomar en cuenta la separación con respecto del suelo)

β = ángulo de inclinación del panel

ϕ = Latitud del sitio

Las fórmulas de cálculo serán las siguientes:

$$= B \times \cos\beta$$

La distancia mínima será:

$$D_{min} = L \left[\cos\beta + \frac{\text{sen}\beta}{\tan\Phi_{min}} \right]$$

Datos a utilizar:

$$B = 0.99 \text{ m}$$

$$L = 1.97 \text{ m}$$

$$\phi = 16.45038$$

Calculo del ángulo óptimo:

$$\beta = 3.7 + 0.69 * \phi = 3.7 + 0.69 * 16.45038 = 15$$

$$\Phi_{min} = (90^\circ - \phi) - \delta = (90 - 16.45038) - 23.5 = 50.049$$

$$\text{Dist. Min.} = 1.97 (\cos 15 + \text{sen} 15 / \tan 50.049)$$

$$\text{Dista. min.} = 2.30 \text{ m.}$$

Sumándole a esa valor una desviación estándar de un 10%

Nos queda que la distancia mínima es de 2.5 m pero dado a que tendremos dos alturas de grupos de paneles sería el doble así que la distancia será de 5m entre cada fila de paneles.

4.5.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

A partir de las características eléctricas de los módulos (Yingli YL310P-35b) y los inversores (KACO blueplanet) que se especifican en el apartado 4.5.2.1, se calcula el número de paneles e inversores necesarios para que la planta tenga una potencia de 502.2 kW. Los módulos, como los inversores, imponen una serie de condiciones a la hora de realizar los cálculos. Las condiciones que debemos tener en cuenta para el dimensionamiento de la planta son:

Módulos:

- $V_{MP} = 36.9$ V: tensión óptima de operación en las condiciones estándar STC (Temperatura del módulos fotovoltaico 25°C , Irradiancia $1000\text{W}/\text{m}^2$, $AM=1,5$).
- $V_{OC} = 46.4$ V: tensión de circuito abierto.
- $I_{sc} = 8.98$ A: corriente de corto circuito.
- $\alpha = -0.33\%/^{\circ}\text{C}$ coeficiente de temperatura de V_{OC} de los módulos.
- $\beta = 0.06\%/^{\circ}\text{C}$ coeficiente de temperatura de I_{sc} de los módulos fotovoltaicos
- Inversores:
- $I_{sc} (T_{max}) = 2 \times 18.6$ A: máxima corriente admisible por el inversor BluePlanet KACO.
- Rango de tensiones: $V_{MPP} = 243 - 304$ V.
- Tensión máxima en corriente continua: 12.1 V

La tensión y la corriente en los módulos fotovoltaicos se ve afectada por la temperatura, tal y como se indica en la Figura

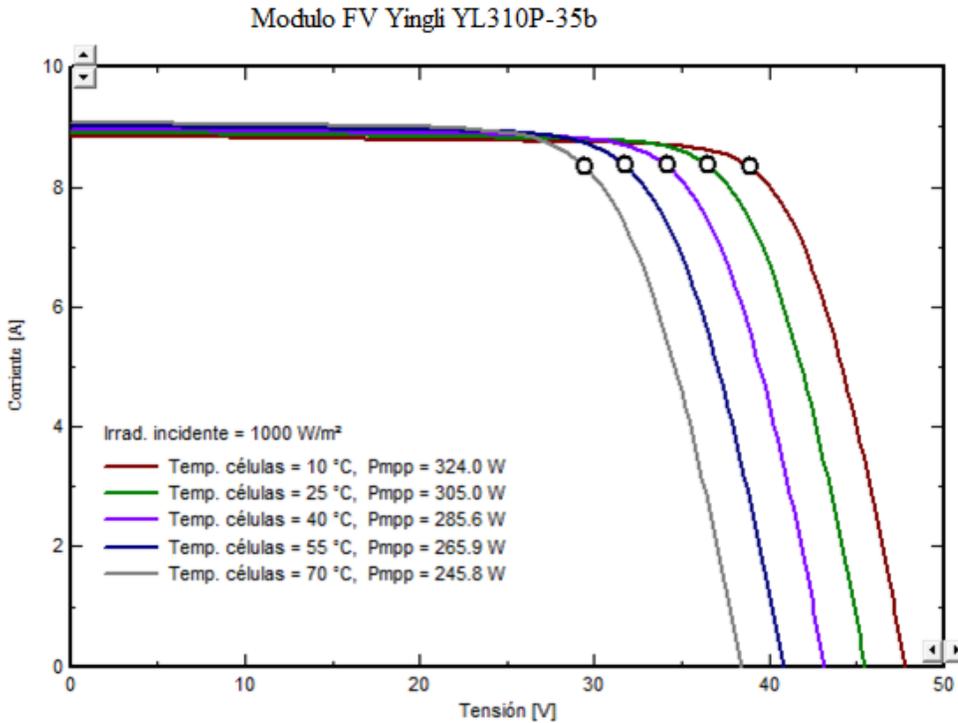


Figura 32. Efectos de Tensión y temperatura

Al aumentar la temperatura, la corriente de cortocircuito (ISC) aumenta mientras que la tensión de circuito abierto disminuye (VOC), según los coeficientes de temperatura que especifica cada fabricante en el catálogo de los paneles solares. Tal y como se define en el libro de “Electricidad Solar” (E, Lorenzo), la corriente suministrada por una célula solar viene definida por la ecuación de Shockley: $I = I_L - I_D (V) = I_L - I_0 [\exp (eV/mkT) - 1]$

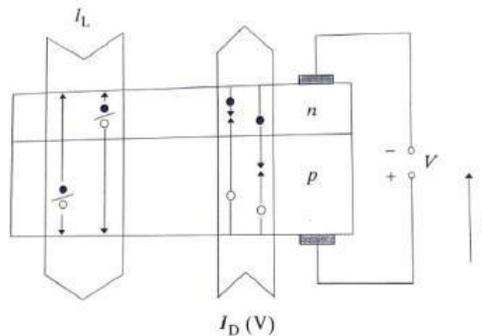


Figura 33. Corriente foto generada y corriente de diodo de una célula solar.

La corriente I_L define la corriente fotogenerada debida a la generación de portadores que provoca la iluminación de la célula. La corriente I_D , denominada corriente de diodo o de oscuridad, es debida a la recombinación de los portadores, y por lo tanto su sentido es opuesto al de I_L . El resto de las variables de la ecuación son:

- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{C}$: carga del electrón
- V : voltaje en bornes de la célula
- $m = 1$ para tensiones bajas ($\leq 0,4\text{V}$), $m = 2$ para tensiones altas ($> 0,4\text{V}$)
- $k = 1,381 \times 10^{-23} \text{J.K}^{-1}$: constante de Boltzman.
- T : temperatura absoluta.

La fotocorriente aumenta ligeramente con la temperatura debido en parte al aumento de las longitudes de difusión de los minoritarios y al estrechamiento de la banda prohibida (energía necesaria para liberar a un electrón de su enlace covalente hacia la banda de conducción donde puede conducir una corriente), desplazando el umbral de absorción hacia fotones de menor energía (los fotones que inciden sobre la célula con una energía mayor o igual que el ancho de la banda prohibida se absorben en el volumen del semiconductor y se generan pares electrón-hueco que pueden actuar como portadores de corriente, mientras que los fotones con energía inferior al ancho de la banda prohibida atraviesan el semiconductor sin ser absorbidos).

Pero la variación de las características de la célula se manifiesta más destacadamente en el término de la corriente de diodo, la cual disminuye al aumentar la temperatura, haciendo aumentar la corriente generada por la célula. En cuanto a la tensión de circuito abierto, esta viene definida por la ecuación:

$$V_{oc}(T) = \frac{E_{GO}}{e} - \frac{KT \ln \frac{I_D}{I_L}}{e}$$

Siendo K y E_{GO} (ancho de banda prohibida a 0K) dos constantes aproximadamente independientes de la temperatura. Observando esta ecuación se constata que la tensión de circuito abierto disminuye ante el aumento de la temperatura. Entre las características del inversor se

encuentra el rango de tensiones de máxima potencia ($V_{MPP} = 243 - 304 \text{ V}$), y la tensión en corriente continua máxima (Max. DC voltaje = 12.1 V). La tensión generada por los módulos en serie debe situarse dentro de esos márgenes ya que el inversor realiza el seguimiento del punto de máxima potencia.

Por lo tanto, para calcular el número de paneles en serie (N_s), hay que realizar tres comprobaciones:

- $V_{\max}(T_{\min}) = V_{mp} * N_s (1 + \alpha * (T_{\min} - T_{amb}))$.
- $V_{\max}(T_{\max}) = V_{mp} * N_s (1 + \alpha * (T_{\max} - T_{amb}))$.
- $V_{oc}(T_{\min}) = V_{oc} * N_s (1 + \alpha * (T_{\min} - T_{amb}))$.

Siendo:

$T_{\min} = 30^\circ\text{C}$: temperatura mínima de los paneles.

$T_{\max} = 70^\circ\text{C}$: temperatura máxima de los paneles.

$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ Temperatura ambiente en condiciones TSC

Por seguridad se establecerán unos márgenes más acotados, reduciendo 10 V el rango de tensiones (233 - 294 V). Se obtendrá la tabla siguiente en función del número de módulos en serie:

Tabla 8. Búsqueda de módulos por serie

Búsqueda del número de paneles en serie. Ns	Vmax (Tmin)	Vmax (Tmax)	Voc (Tmin)	Validez
1	36.3895	31.5055	45.53605	NO
2	72.7790	63.0110	91.072	NO
3	109.1685	94.5165	136.60815	NO
4	145.5580	126.0220	182.144	NO
5	181.9475	157.5275	227.68025	NO
6	218.3370	189.0330	273.216	NO
7	254.7265	220.5385	318.75235	NO
8	291.1160	252.0440	364.288	SI

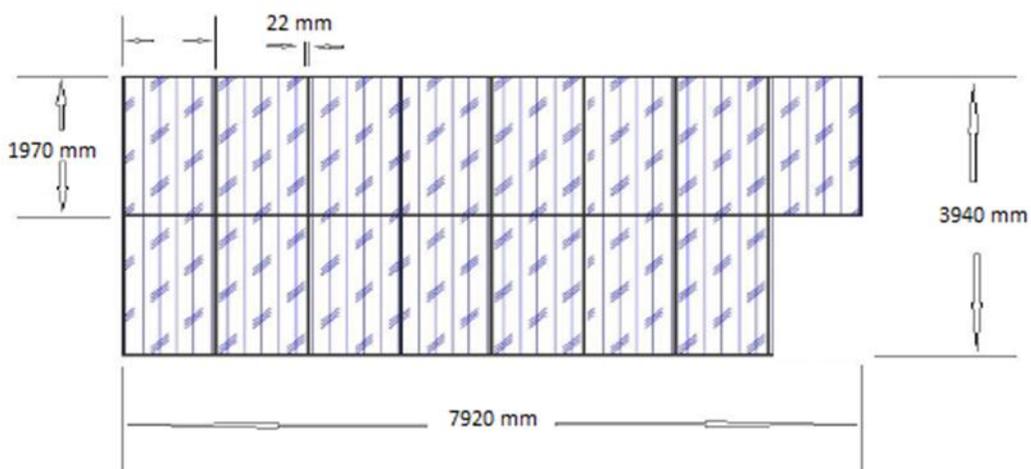


Figura 34. Disposición de los módulos en serie sobre la estructura de un soporte es el mismo a ambas alturas.

Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie por string: 15 módulos/string. Mesas de 8 y 7 strings situados en serie y paralelamente a 2 alturas, lo que supone 15 strings/mesa que es el valor óptimo de celdas y como se hará la misma disposición a dos alturas por lo tanto son $15 \times 2 = 30$ módulos fotovoltaicos/mesa. Como soportes estructurales será necesaria una estructura para cada celda como las de la Figura37. O las que Scheletter estime según su diseño.

La idea inicial fue montar una planta de 500,000 W de potencia pero la capacidad de cada panel es de 310 W y se necesitan 1620 paneles que viene a dar una potencia instalada de 502,200 W equivalente a $502.2 \text{ kW} = 0.5022 \text{ MW}$

Para determinar el número de mesas necesario para que la planta tenga una potencia de 0.5022 MW es necesario un equilibrio entre el layout u organización espacial de las mesas y los equipos. Este equilibrio se realizará en función de los viales necesarios que permitan el acceso a todos los equipos, la situación de la subestación de evacuación, las distancias entre las mesas para

Evitar el sombreado y reducir las pérdidas al transportar por los cables la energía generada, la capacidad de los equipos instalados (para no utilizarlos a altos regímenes de funcionamiento que pudieran dañar dichos equipos) y el coste de los materiales y la obra civil. En función de los resultados obtenidos previamente, se aportan las disposiciones de los módulos fotovoltaicos para el 0.5022 MW: serían 10 filas 5 mesas en serie con 30 módulos en serie y una última fila de 4 mesas con 30 módulos haciendo el total de 1620 paneles, con la distancia calcula de 5 m entre mesas.

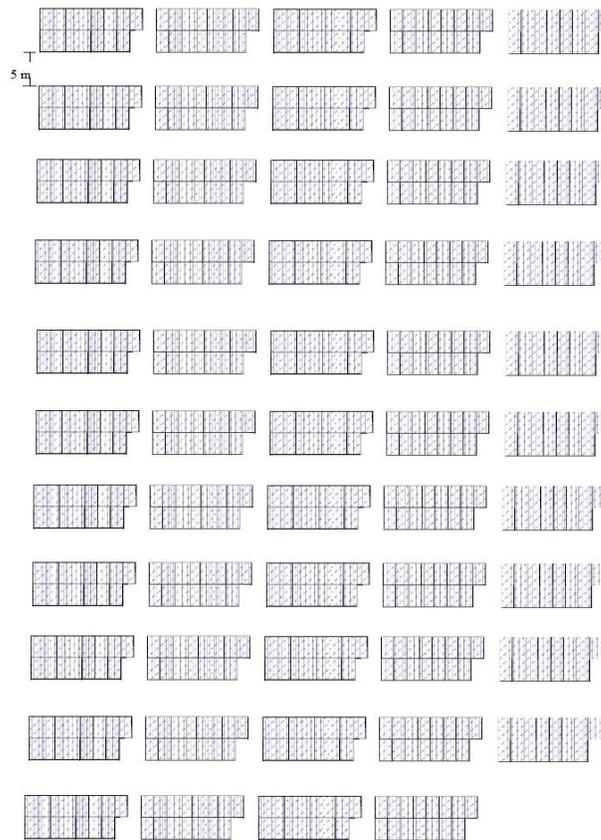


Figura 35. Disposición de todas las celdas

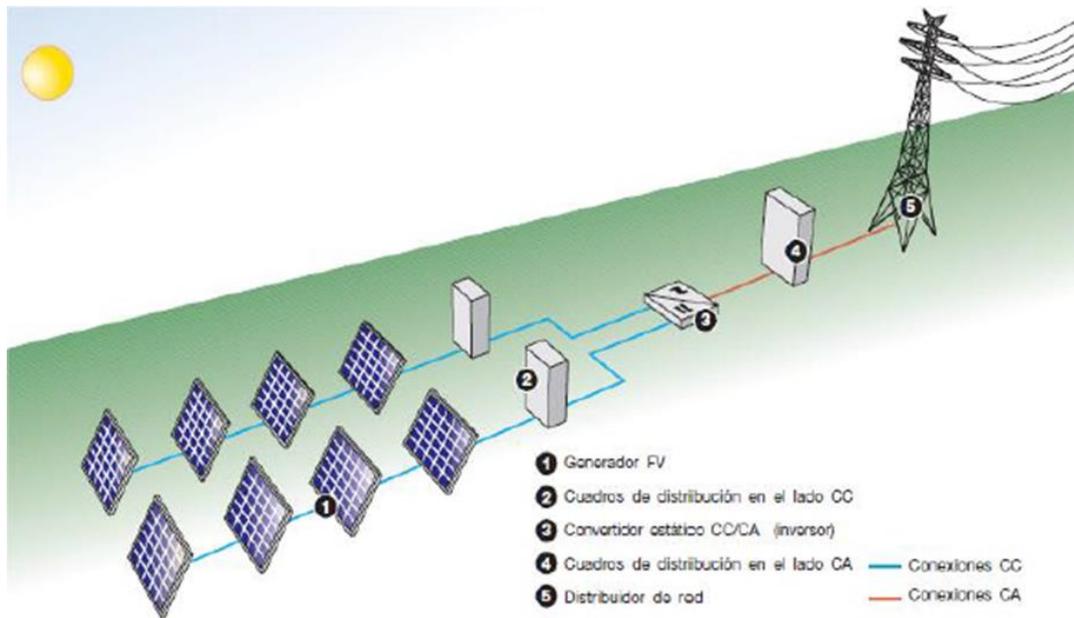


Figura 36. Esquema de la planta ya instalada

5.2.2.3. PÉRDIDAS EN SISTEMA FOTOVOLTAICO (PERFORMANCE RATIO).

Durante el proceso de generación se dan una serie de pérdidas en el sistema: por orientación, por temperatura, por potencia, por mismatch, por suciedad y sombra, por inversor, por cable DC/AC y pérdidas por transformador.

Todas las formulas y el cálculo de las perdidas energéticas están contenidas en los anexos, la suma de todas, ellas al restarlo a una capacidad ideal de 100% se obtiene el Performance Ratio que es la proporción de desempeño del sistema.

- **Horas Equivalentes de Sol (HES) y Performance Ratio (PR)**

Para normalizar la energía producida respecto de la potencia nominal de la instalación en condiciones estándar STC, es necesario definir una relación entre los kWh producidos anualmente por cada kW pico instalado.

Esta relación es las “Horas Equivalentes de Sol (HES)”, que se define como el cociente de la energía inyectada a la red eléctrica entre la potencia pico total instalada.

La energía inyectada a la red es la potencia nominal restando todas las pérdidas que juntas se les llama performance ratio, multiplicado un factor de seguridad que en este caso es un 100% y la productividad de referencia que es el tiempo en el cual los paneles trabajan a la máxima potencia es decir la potencia de referencia de 1000 W/m².

Energía inyectada a la red =Potencia nominal*YR*PR*factor de seguridad

Productividad de referencia YR =potencia real anual de la tabla / potencia máxima (1000 w/m²)

YR= (2144.2 KWh/m²)/1000 W/m²= 2144.2 h

Table 9. Performance Ratio

Ítem	Descripción	Pérdidas	Eficiencia
1	Temperatura	16.1%	83.9%
2	Potencia	0.0%	100.0%
3	Mismatch	2.0%	98.0%
4	Suciedad y Sombra	2.5%	97.5%
5	Inversor	3.1%	96.9%
6	Cable DC	2.0%	98.0%
7	Cable AC	2.0%	98.0%
8	Transformador	1%	99.0%
Performance Ratio		73.85%	

Energía inyectada a la red =Potencia nominal*YR*PR*factor de seguridad

Dividimos entre mil para pasar a kilowatts

E inyectada a la red= 502,200*2144.2*0.7385*1/1000= 975,229.5 KWh/año

HES=(975229.5KWh/año)/502.200KW=1941.9 h/año

4.5.3. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La producción está dada por los apartados anteriores, para una capacidad instalada de 502.2 KW, un performance ratio de 73.85% con una energía entrada de 2144.2 KWh/m2 anual. Se observa que la generación de energía inyectada a la red = 975,229.5 KWh/año es mucho mayor y comprueba eficiencia energética.

4.5.4. FACTORES AMBIENTALES

Las instalaciones de conexión a red tienen un impacto medioambiental que puede ser considerado prácticamente nulo. Su impacto estará limitado únicamente a su construcción pero no a su funcionamiento, si nos referimos a factores como el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera terrestre, deterioro de flora y fauna, residuos tóxicos y vertidos. Al ser una energía renovable su impacto en el medioambiente se ve muy reducido, es una fuente de energía sostenible, y únicamente habría de destacarse como el mayor impacto, el impacto visual. La energía fotovoltaica es una de las energías renovables más viables hoy en día. Su ausencia de ruido o de cables a la vista la hacen aún más atractiva.

- **Impacto sobre el terreno:**

El impacto sobre el terreno causado por una instalación fotovoltaica depende de factores como la topografía de la zona, el área cubierta por la instalación, el tipo de terreno, la distancia a zonas naturales protegidas o ecosistemas, y de la biodiversidad de dicha zona. El mayor impacto

se produce durante la construcción de la instalación, por las obras que se llevan a cabo, el transporte del material, los movimientos del terreno y la adecuación del mismo. Pero en comparación con otro tipo de energía, aunque el área ocupada pueda ser mayor, las actividades de obra no tienen un impacto demasiado destacable.

Para una instalación de estas características es importante que este no es un terreno con capacidad de cultivo por lo que la construcción de la planta no debería presentar rechazo por parte del sector agrario, pero el área a ocupar no es muy notable frente a las extensiones de terreno existentes. La vegetación podría verse afectada por la sombra permanente que provocan los paneles, pero como puede observarse en la Figura, la vegetación en la zona es escasa.



Figura 37. Imagen del emplazamiento donde se ubicará la instalación.

La fauna no se ve afectada. Los paneles no se sitúan a ras del suelo sino que se instalan a una altura para permitir el paso de animales.

- **Contaminantes:**

Durante el funcionamiento normal de la instalación, los sistemas fotovoltaicos no emiten contaminantes gaseosos o líquidos, ni sustancias reactivas. En el caso de algunos módulos de CdTe, que contienen cantidades pequeñas de sustancias tóxicas, hay un riesgo potencial leve de que un fuego en los paneles pudiera causar que pequeñas cantidades de estos productos químicos fueran liberados en el medio ambiente. En instalaciones de gran escala, una liberación de sustancias podría ocurrir como resultado de operaciones anormales de la planta y ello podría plantear un riesgo no muy destacable para la salud de los operarios. Por tanto debe haber preparativos de urgencia y de respuesta para el caso de un fuego accidental. Las emisiones al suelo y aguas subterráneas pueden ocurrir por almacenamiento inadecuado de materiales. En este proyecto, al no emplear módulos de CdTe, no se presentará el problema de vertidos contaminantes al medio.

- **Impacto visual:**

La intrusión visual depende en gran medida del esquema de los sistemas fotovoltaicos instalados y de los alrededores. Es obvio que, si instaláramos la central fotovoltaica cerca de un área de especial belleza paisajística, el impacto visual sería enorme. En el caso concreto de este proyecto, el entorno consiste en un paraje deshabitado, llano y con escaso atractivo natural.

La elección del cierre perimetral tendrá gran influencia en el impacto visual. No puede ser una valla opaca y alta, cuyo impacto sería peor que el de la propia instalación fotovoltaica, sino que debe ser lo más liviana e invisible que sea posible, que permita ver a través toda la instalación, sin dejar de cumplir su misión de impedir el acceso no autorizado. Las alambradas cinegéticas, aparte de ser livianas y de poco impacto visual, permiten el movimiento de pequeños animales de la fauna local.

- **Contaminación del aire:**

Hasta donde la valoración del ciclo de vida es afectada, la actuación medioambiental del sistema depende en exceso de la eficiencia energética de la fabricación del sistema y especialmente de la producción de electricidad. Las emisiones asociadas con el transporte de los módulos son insignificantes en comparación con aquellos asociados con la fabricación. Las emisiones de transporte estaban fijadas en un 0,1–1% de las emisiones relativas a la fabricación. En el caso de los módulos poli y monocristalinos, las emisiones estimadas en la fabricación son:

- 2,757–3,845 kg de CO₂/kWp
- 5,049–5,524 kg de SO₂/kWp
- 4,507–5,273 kg de NO_x/kWp

(International Energy Agency, IEA).

- **Intrusión de ruido:**

Al igual que con todos los tipos de actividad de la construcción, habrá emisión de ruido limitado, pero no destacable. Su impacto estará limitado a la construcción pero no al funcionamiento de la planta. Dado que no hay viviendas próximas a la zona de instalación elegida (fuera del entorno urbano), la incidencia de este factor es despreciable.

- **Gestión de residuos:**

En el caso de sistemas independientes, los cuales son una fracción pequeña del mercado, los efectos sobre la salud de las sustancias químicas incluidas en las baterías también deberían ser estudiados. Un análisis del ciclo biológico de las baterías para sistemas fotovoltaicos independientes indica que las baterías son responsables de la mayoría de los impactos medioambientales, debido a su relativamente corta duración de vida y su contenido en metales pesados. Además, una gran cantidad de energía y de materias primas son requeridas para su

producción. Al no emplear baterías en este proyecto concreto no se darán problemas de esta índole.

Otra fuente de residuos son los transformadores de aceite. Estos deberán cumplir debidamente con la normativa para transformadores en aceite para evitar fugas o derrames al medio.

4.6. ESTUDIO FINANCIERO

Para la elaboración del estudio financiero se utilizó el programa RETScreen el cual es un programa que brinda los datos financieros para el análisis de pre-factibilidad de la instalación de la planta solar.

4.6.1. COSTOS DE LA ETAPA DE DESARROLLO E INGENIERIA DEL PROYECTO

Tomando en consideración los precios que se manejan en el mercado, el presente estudio establece un monto de USD 80,000 para los estudios de factibilidad, análisis técnico, trámites de permisos gubernamentales y análisis de factibilidad legal y ambiental.

En relación a la etapa de desarrollo, el costo estimado es de USD 20,000, los cuales incluyen costos asociados a la compra o arrendamiento de terrenos, pago de consultores y demás trámites legales y de permisos.

La etapa de ingeniería incluye un costo de USD 150,000 para el diseños del sistema (área civil, eléctrico, y línea de transmisión). El 63.8% del costo del proyecto está relacionado directamente con la compra de equipo y actividades asociadas con la construcción del sistema de generación de energía solar. Asimismo se ha considerado un 21% del costo del proyecto para el transporte, actividades de logística y contingencias. El monto total del costo del proyecto es de USD 1, 724,492.00

RETScreen Cost Analysis - Power project

Settings						
<input checked="" type="radio"/> Method 1		<input checked="" type="radio"/> Notes/Range		Notes/Range		
<input type="radio"/> Method 2		<input type="radio"/> Second currency		None		
		<input type="radio"/> Cost allocation				
Initial costs (credits)						
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs	
Feasibility study						
Feasibility study	cost	1	USD 80,000	USD 80,000		
Subtotal:				USD 80,000	4.6%	
Development						
Development	cost	1	USD 20,000	USD 20,000		
Subtotal:				USD 20,000	1.2%	
Engineering						
Engineering	cost	1	USD 150,000	USD 150,000		
Subtotal:				USD 150,000	8.7%	
Power system						
Photovoltaic	kW	502.20	USD 1,830	USD 919,026		
Road construction	km	0	USD 30,000	USD 6,000		
Transmission line	km	1	USD 50,000	USD 25,000		
Substation	project	1	USD 150,000	USD 150,000		
Energy efficiency measures	project			USD -		
Roof	credit	0	USD 1,500,000	USD -		
Solar shading - season of use (Base load power syste	credit	0	USD 1,000,000	USD -		
Subtotal:				USD 1,100,026	63.8%	
Balance of system & miscellaneous						
Spare parts	%	5.0%	USD 1,069,026	USD 53,451		
Transportation	project	1	USD 10,000	USD 10,000		
Training & commissioning	p-d	5	USD 400	USD 2,000		
Installation & Other	cost	1	USD 200,000	USD 200,000		
Contingencies	%	5.0%	USD 1,615,477	USD 80,745		
Interest during construction	8.00%	5 month(s)	USD 1,696,222	USD 28,270		
Subtotal:				USD 374,466	21.7%	
Total initial costs				USD 1,724,492	100.0%	
Annual costs (credits)						
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount		
O&M						
Parts & labour	project	1	USD 15,000	USD 15,000		
User-defined	cost			USD -		
Contingencies	%		USD 15,000	USD -		
Subtotal:				USD 15,000		

Figura 38. Detalle de costos del proyecto

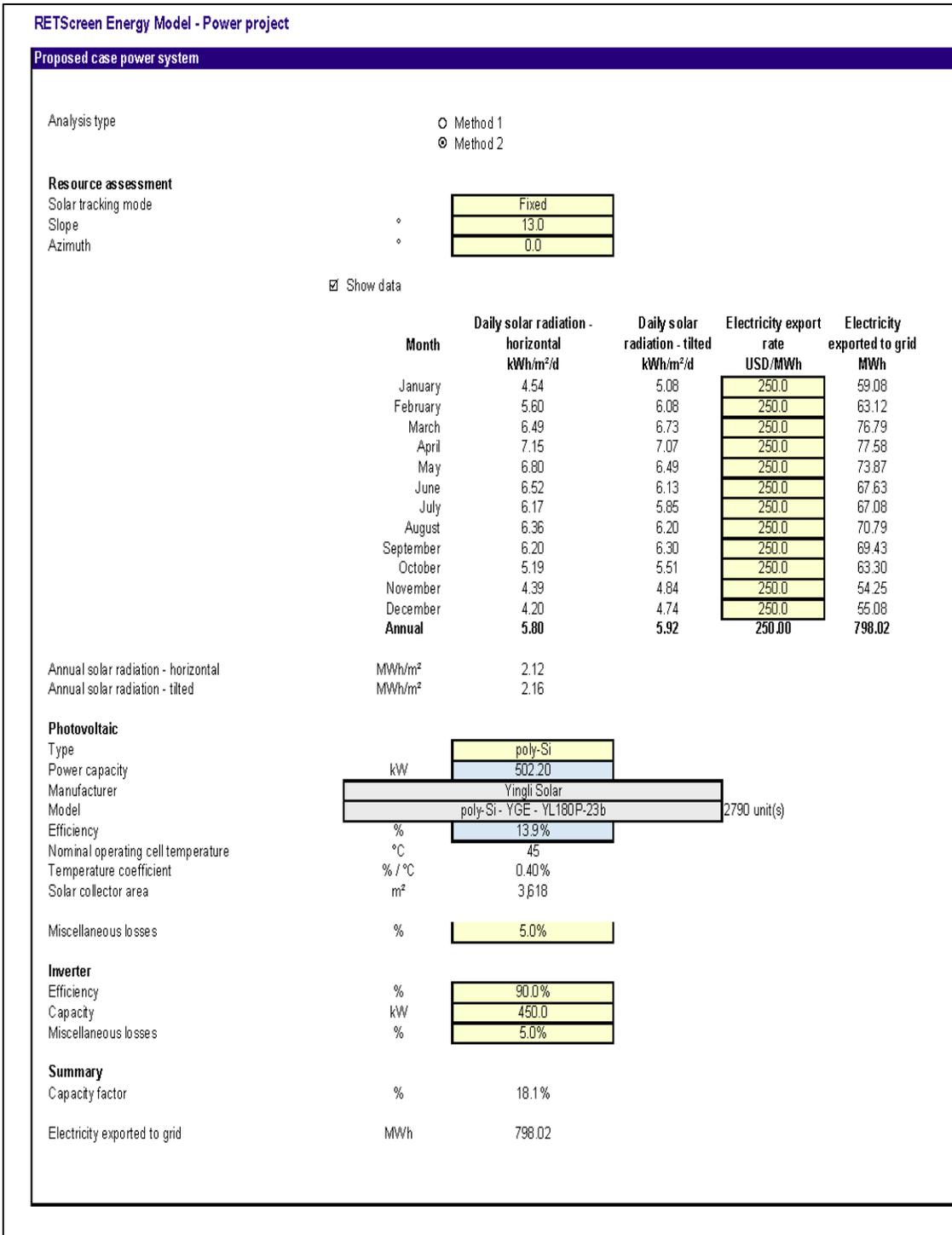


Figura 39. Costo del W de potencia instalado

4.6.2. ENERGIA GENERADA Y RETORNO DE INVERSION MENSUAL

Partiendo de la capacidad del sistema y el precio del KWh generado a la ENEE tenemos lo siguiente:

Tabla 10 Factores Generales.

Capacidad Instalada Equivalente	Factor de Seguridad	de Performance Ratio	Costo del kWh -	Tasa de Cambio	Costo del kWh - ENEE
kW	%	%	USD \$	14-Mar-16	Lempiras
502.20	100%	73.85%	\$ 0.25	L 22.79	L 5.69

4.6.3. CONSUMOS ENERGETICOS Y PRECIO DE GENERACION

Tabla 11. Perdidas del sistema

Perdidas del Sistema		
Temp. (%)	Inversor (%)	Otro (%)
90.00	92.00	90.00
Total (100%)	0.7452	

- Consumo de Energía Mensual → 175,000 KWh
- Consumo Energético Diario (365 días) → 5,753.425 KWh
- Consumo Energético anual (12Meses) → 12 2,100,000.00 KWh
- Generación Esperada del SFV/ Día (KWh) → 2,013.699 KWh
- Potencia Real Generada por SFV/Día (Watts) → 491313.77 Watts
- Potencia Nominal del Módulo FV → 310 Watts
- Area de Paneles /Marca Yingli 310w → 1.95 m2
- Promedio de Captación Solar Horas → 5.50 hrs

Financial parameters		
General		
Fuel cost escalation rate	%	0.0%
Inflation rate	%	2.0%
Discount rate	%	12.0%
Project life	yr	20
Finance		
Incentives and grants	USD	0
Debt ratio	%	75.0%
Debt	USD	1,293,369
Equity	USD	431,123
Debt interest rate	%	5.00%
Debt term	yr	12
Debt payments	USD/yr	145,925
Income tax analysis <input checked="" type="checkbox"/>		
Effective income tax rate	%	0.0%
Loss carryforward?		No
Depreciation method		Declining balance
Half-year rule - year 1	yes/no	Yes
Depreciation tax basis	%	
Depreciation rate	%	
Tax holiday available?	yes/no	Yes
Tax holiday duration	yr	10
Annual income		
Electricity export income		
Electricity exported to grid	MWh	798
Electricity export rate	USD/MWh	250.00
Electricity export income	USD	199,505
Electricity export escalation rate	%	1.5%
GHG reduction income <input type="checkbox"/>		
Net GHG reduction	tCO2/yr	507
Net GHG reduction - 20 yrs	tCO2	10,148

Figura 40. Costo aproximado del sistema fotovoltaico.

4.6.4. FLUJO DE CAJA Y TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSION

4.6.4.1. FLUJO DE CAJA

Para elaborar el flujo de caja se hace en base al costo total del sistema y el ahorro anual generado se elaboró para un periodo de 20 años, esta estimación de costos del Proyecto no solo incluyen los costos asociados a las fases de factibilidad, desarrollo y construcción del Proyecto sino que también incluyen los costos estimados para la etapa de operación y mantenimiento; que de acuerdo al análisis del sector se estimó un monto de USD15, 000.00. En total se estima que el proyecto tendrá un ingreso de capital de USD 199,505.00, es importante destacar que este monto ya se ha restado el monto del pago de deuda y los costos de operación y mantenimiento.

Project costs and savings/income summary			
Initial costs			
Feasibility study	4.6%	USD	80,000
Development	1.2%	USD	20,000
Engineering	8.7%	USD	150,000
Power system	63.8%	USD	1,100,026
Balance of system & misc.	21.7%	USD	374,466
Total initial costs	100.0%	USD	1,724,492
Annual costs and debt payments			
O&M		USD	15,000
Fuel cost - proposed case		USD	0
Debt payments - 12 yrs		USD	145,925
Total annual costs		USD	160,925
Periodic costs (credits)			
Annual savings and income			
Fuel cost - base case		USD	0
Electricity export income		USD	199,505
Total annual savings and income		USD	199,505

Figura 41. Bases para el flujo de caja.

Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
#	USD	USD	USD
0	-431,123	-431,123	-431,123
1	41,273	41,273	-389,850
2	44,004	44,004	-345,846
3	46,775	46,775	-299,070
4	49,588	49,588	-249,484
5	52,438	52,438	-197,047
6	55,330	55,330	-141,716
7	58,265	58,265	-83,452
8	61,241	61,241	-22,210
9	64,261	64,261	42,051
10	67,324	67,324	109,375
11	70,431	70,431	179,807
12	73,584	73,584	253,390
13	222,706	222,706	476,096
14	225,950	225,950	702,046
15	229,240	229,240	931,286
16	232,578	232,578	1,163,863
17	235,963	235,963	1,399,826
18	239,398	239,398	1,639,224
19	242,881	242,881	1,882,105
20	246,415	246,415	2,128,521

Figura 42. Flujo de caja en \$ USD

La según los datos del flujo de caja, y estableciendo un precio de venta 0.25 ctvs de dólar por kwh, se estima que se tendrá un ingreso de capital de aproximadamente entre 40,000 a 55,000 dólares, por lo cual a partir del año 8 se tendrá flujos de caja positivos, esto concluye un proyecto viable financieramente.

4.6.4.2. TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN

Graficando del flujo de caja el retorno con respecto al tiempo

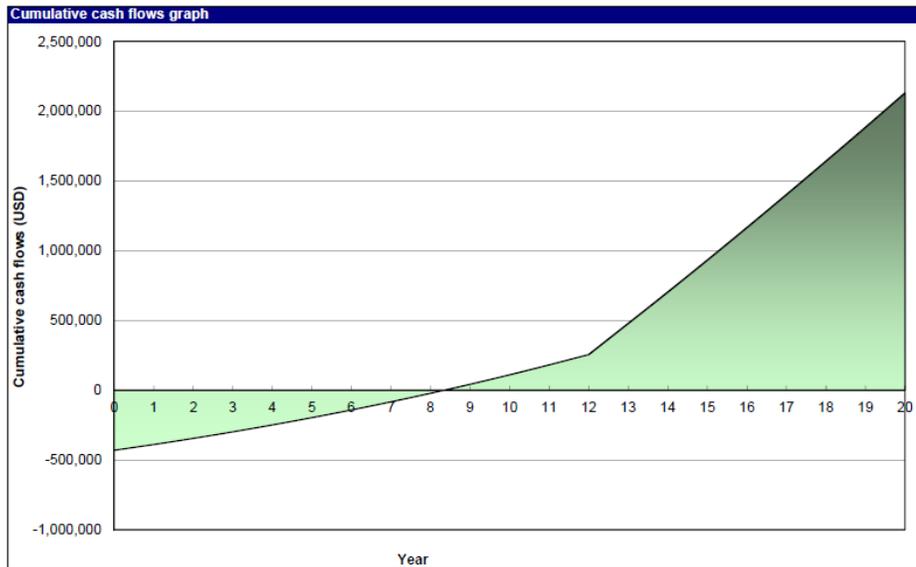


Figura 43. Tiempo de retorno de inversión

En Resumen podemos ver que el tiempo de recuperación es de 8 años y medio comenzando a ganar capital a los 9 años; lo que lo hace un proyecto rentable a largo plazo.

Financial viability		
Pre-tax IRR - equity	%	16.3%
Pre-tax IRR - assets	%	2.9%
After-tax IRR - equity	%	16.3%
After-tax IRR - assets	%	2.9%
Simple payback	yr	9.3
Equity payback	yr	8.3
Net Present Value (NPV)	USD	194,811
Annual life cycle savings	USD/yr	26,081
Benefit-Cost (B-C) ratio		1.45
Debt service coverage		1.28
Energy production cost	USD/MWh	220.65
GHG reduction cost	USD/tCO ₂	(51)

Figura 44. Resumen financiero

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Este proyecto se elaboró con el objetivo de buscar un equilibrio entre la fiabilidad, la rentabilidad y el ahorro económico lográndose una viabilidad técnica y económica, cumpliéndose así con el objetivo general del Proyecto.
- Hay un potencial de energía solar en la isla de Guanaja para apoyar al cambio de la matriz de generación energética en el país y en el departamento de Islas de la Bahía.
- La inserción de energía renovable brindará la oportunidad de atraer inversionistas en el área de turismo en la isla de Guanaja, ya que ayudará a bajar el precio de electricidad.
- El proyecto presenta una rentabilidad atractiva al obtenerse un Período de Retorno de la inversión (PR) de 8.5 años como se demuestra en los cálculos realizados en el Estudio Financiero.
- El presente proyecto incluye un plan de acción, el cual considera no solo los aspectos técnicos si no también los aspectos sociales y ambientales para asegurar una un diseño con una instalación de una planta con el menor impacto ambiental posible.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los mapas de radiación solar, existe un potencial importante para la generación de energía a través de un sistema solar fotovoltaico, por lo tanto es importante que el gobierno de Honduras apoye iniciativas para el desarrollo de proyectos en las zonas disponibles en el departamento de Islas de la Bahía.
- Incentivar a más investigadores y maestrantes a indagar más de este campo de utilización de energía renovable para ver nuevos escenarios y tener más opciones competentes en zona del Caribe de Honduras.
- Impartir los fundamentos de los sistemas fotovoltaicos, a nivel de grado y post-grado para futuras implementaciones en nuestro país, aportando al ecosistema que en actualidad es una de las necesidades fundamentales que se deben aplicar en todo el planeta para el bienestar de todos los seres vivos.
- En base a los resultados de la aplicación del instrumento, se debe de buscar siempre que el lugar de instalación sea aislado para que no exista contaminación visual por la luminosidad que se genera.
- Considerando que actualmente en el departamento de Islas de la Bahía la generación de energía se realiza a través de una empresa privada, es necesario realizar un análisis legal para la aplicabilidad de los nuevos instrumentos legales que establecen en la ley general de la industria eléctrica.
- Es fundamental que se realice lo antes posible una auditoría técnica a la planta de generación de la empresa BELCO.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

DESARROLLO DE ENERGIA RENOVABLE POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN GUANAJA, ISLAS DE LA BAHIA

6.1.INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de proyecto tiene por objeto realizar el estudio requerido en diseño, financiación, adquisición, instalación, explotación y mantenimiento para la construcción de las instalaciones necesarias para el proyecto fotovoltaico de la Isla de Guanaja, según las necesidades requeridas y conforme a la normativa vigente, formado por una central solar fotovoltaica con una potencia nominal de 0.502 MW. Estará conectada al Sistema Interconectado Nacional, la totalidad de la producción de energía eléctrica se venderá a la ENEE.

La vida útil del proyecto se estima en 25 años. No obstante, al término de este periodo se evaluará mantener en operación la planta, pudiendo ser su vida útil alargada sensiblemente. El análisis financiero de inversiones, costos y gastos, permite demostrar la viabilidad económica, e incluso alta rentabilidad, de este proyecto, constituyendo una inversión atrayente para los clientes. Las actividades más importantes que se describirán en el estudio son las siguientes:

- Estudio Geológico y de Geotecnia.
- Descripción de los equipos a utilizar en el proyecto (paneles, inversores, transformadores) y obras electromecánicas.
- Dimensionamiento y descripción de las estructuras donde se montarán los paneles solares.
- Estudios de Radiación (Mapas de radiación solar, horizontal, directa, difusa, etc., regional y local).
- Estudio de pérdidas que puedan afectar la generación de energía.
- Marco legal vigente.

- Análisis Ambiental y social
- Costos detallados y Presupuesto del proyecto. Análisis Financiero.
- Análisis Financiero.

6.2. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN PROPIO

6.2.1. ESTUDIO GEOLÓGICO Y DE GEOTECNIA

Se realiza un estudio de mecánica de suelos para el proyecto localizado en Guanaja, en el departamento de Islas de la Bahía. Con el propósito de obtener la información pertinente a la ejecución de los ensayos de campo, laboratorio, capacidad de soporte, características estratigráficas, elementos a considerar y que son de vital importancia para que la empresa proceda al diseño de cimentaciones y obra civil del proyecto

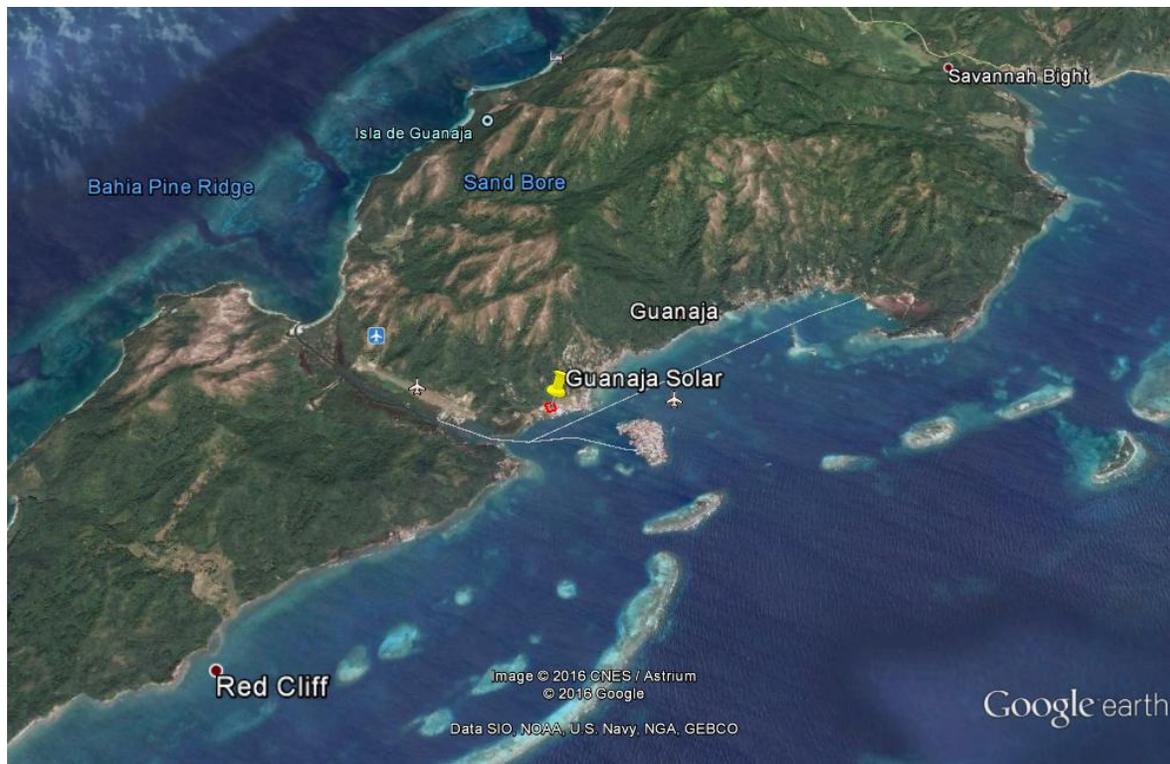


Figura 45. Vista 3D de la isla Guanaja

Fuente <https://www.google.hn/maps/@16.456246,-85.8945445,24420m/data=!3m1!1e3>

6.2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN A UTILIZAR EN EL PROYECTO

Considerando las herramientas esenciales para la gestión de proyectos aprendidas durante la maestría, la cual establece cinco las principales procesos:

- Proceso de iniciación
- Proceso de planificación
- Proceso de ejecución
- Proceso de supervisión y control
- Proceso de cierre del proyecto.

Además establece las áreas de conocimiento en la que todo director de proyecto debe gestionar durante la vida de un proyecto para poder tomar decisiones acertadas y desarrollar de manera eficaz su trabajo. Este enfoque estructura el conocimiento en nueve áreas:

- Gestión de la Integración
- Gestión del Alcance
- Gestión del Tiempo
- Gestión de Costes
- Gestión de la Calidad
- Gestión de los Recursos Humanos
- Gestión de las Comunicaciones
- Gestión del Riesgos
- Gestión de las Adquisiciones del proyecto

En tal sentido, para la presente propuesta se consideró el análisis de las nueve áreas para el desarrollo del sistema fotovoltaico, específicamente en la gestión de costos, tiempo, alcance, calidad, adquisiciones y gestión de riesgos.

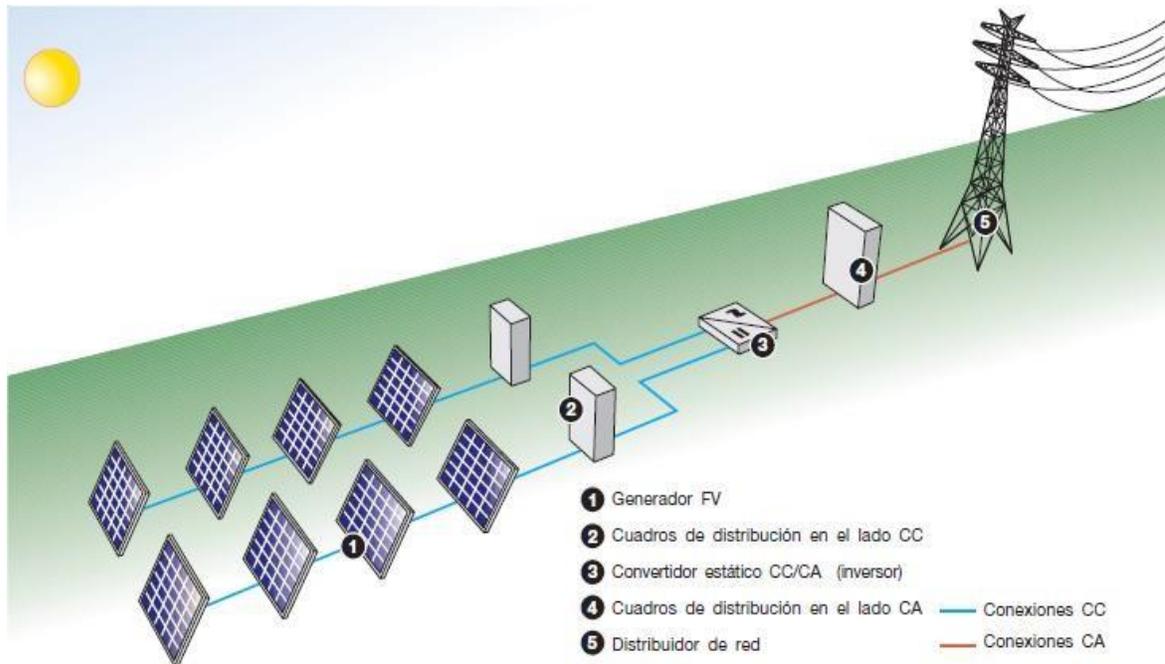


Figura 46. Elementos que componen la estructura fotovoltaica.

En el Capítulo IV del presente informe se hace una descripción clara de cada uno de los equipos a utilizar en el proyecto tales como paneles, reguladores de voltaje, inversores, transformadores, tipo de estructura y obras electromecánicas etc. Así como las dimensiones requeridas y las estructuras sobre las cuales estarán montadas los paneles fotovoltaicos.

6.2.3. ESTUDIOS DE RADIACIÓN

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar emitida debe atravesar la atmósfera, donde experimenta diversos fenómenos de reflexión, absorción y difusión que disminuyen la energía final recibida. La radiación global incidente sobre una superficie inclinada en la superficie terrestre se puede calcular como la suma de tres componentes: la componente directa, la componente difusa y la componente de albedo (o reflejada).

La irradiancia solar es la intensidad de la radiación electromagnética solar incidente en una superficie de 1 metro cuadrado [kW/m^2]. Al atravesar la atmósfera, la intensidad de la radiación solar decae porque es parcialmente reflejada y absorbida (por el vapor de agua y gases atmosféricos). La radiación que logra atravesarla queda parcialmente difusa por el aire y las partículas sólidas en él suspendidas.

Según el mapa de energía solar mundial el promedio anual de irradiancia solar anda en un rango de aproximadamente $1300\text{-}1600 \text{ Wh}/\text{m}^2$ para la zona del litoral atlántico donde se encuentra ubicado Islas de la Bahía, departamento en el que se encuentra la Guanaja. Es una irradiancia solar promedio en un plano inclinado 30° hacia el sur [$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$].

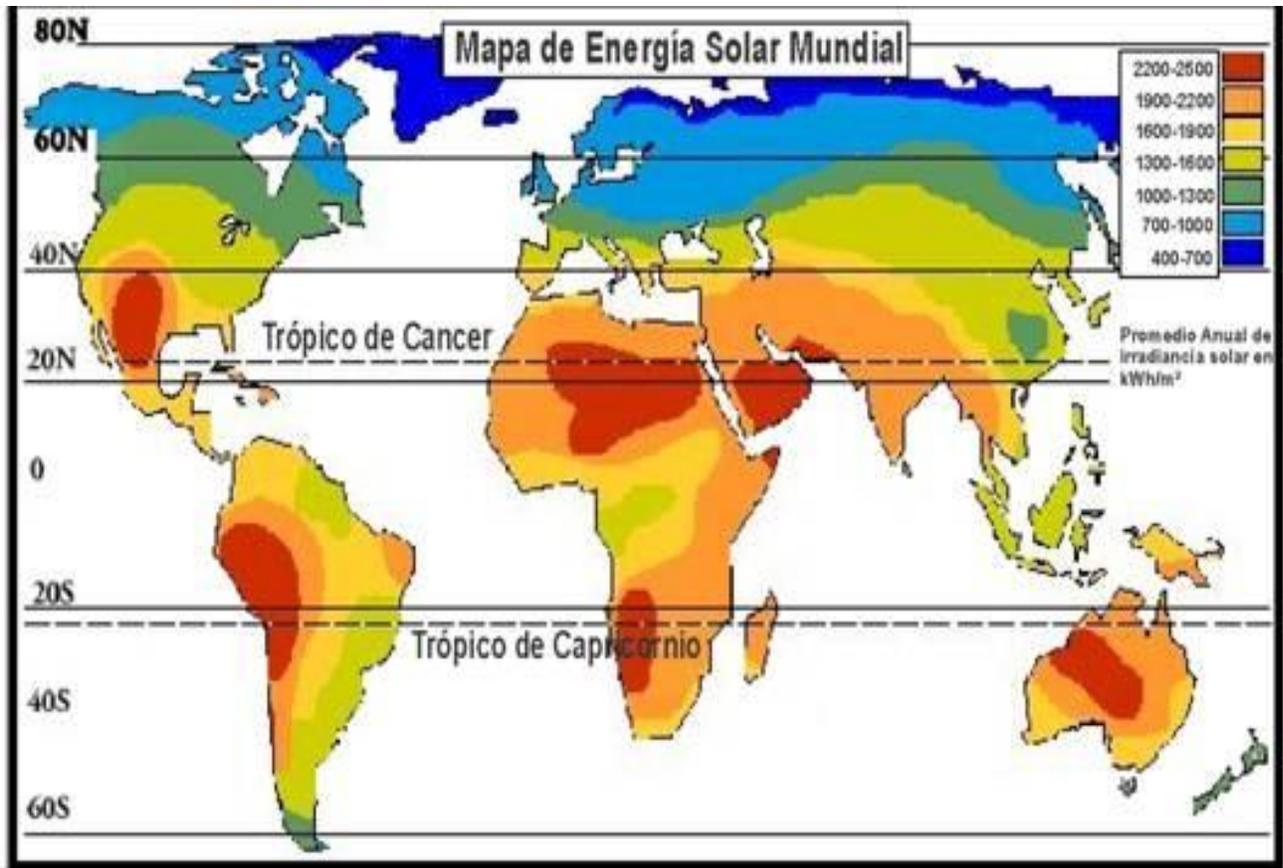


Figura 47. Atlas solar mundial.

6.2.4. ESTUDIO PERDIDAS QUE PUEDAN AFECTAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.

En el paso desde los módulos fotovoltaicos hasta el punto de conexión a red se presentan un conjunto de pérdidas que disminuyen la energía finalmente vendida a la red eléctrica. A la hora de dimensionar un sistema fotovoltaico es necesario analizar las diferentes pérdidas energéticas que se producirán en el mismo:

- Pérdidas por orientación
- Pérdidas por temperatura

- Pérdidas por potencia
- Pérdidas por mismatch
- Pérdidas por suciedad y sombra
- Pérdidas por inversor
- Pérdidas por cable DC
- Pérdidas por cable AC
- Pérdidas por transformador

Tabla 12. Resumen de las perdidas consideradas en el sistema fotovoltaico

Ítem	Descripción	Perdidas	Eficiencia
1	Temperatura	16.1%	83.9%
2	Potencia	0.0%	100.0%
3	Mismatch	2.0%	98.0%

4	Suciedad y Sombra	2.5%	97.5%
5	Inversor	3.1%	96.9%
6	Cable DC	2.0%	98.0%
7	Cable AC	2.0%	98.0%
8	Transformador	1%	99.0%
Performance Ratio			73.85%

6.2.5. ELABORACIÓN DE UN CRONOGRAMA PRELIMINAR DEL PROYECTO.

Este se desglosa en la sección 6.4 de este capítulo.

6.2.6. ANÁLISIS AMBIENTAL Y SOCIAL

En el área seleccionada para desarrollar el Proyecto, no existe ninguna zona de interés a nivel de protección, de acuerdo a la información confirmada con MiAmbiente y con el Instituto de Conservación Forestal (ICF).

A continuación se enlistan los principales impactos de un sistema fotovoltaico:

- **Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.
- **Geología:** Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles

fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

- Suelo: al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad es nula.
- Aguas superficiales y subterráneas: No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.
- Flora y fauna: la repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.
- Paisaje: los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.
- Ruidos: el sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.
- Medio social: El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto.
- Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo la Isla de Guanaja.

Legislación Ambiental

La protección de los Recursos Naturales en el desarrollo del proyecto y su explotación en forma sostenible es uno de los principales compromisos del presente proyecto.

El marco legal actual en el país, presenta a continuación:

- Constitución de la República

- Ley General del Ambiente y su Reglamento
- Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
- Ley Marco del Sector Eléctrico/Ley General de la Industria Eléctrica
- Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovable.
- Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre
- Reglamento de Desechos Sólidos
- Código de Salud
- Ley de Municipalidades

6.2.7. ANÁLISIS FINANCIERO

El proyecto es rentable a largo plazo pues se espera un tiempo de recuperación de 8.5 años.

Financial viability		
Pre-tax IRR - equity	%	16.3%
Pre-tax IRR - assets	%	2.9%
After-tax IRR - equity	%	16.3%
After-tax IRR - assets	%	2.9%
Simple payback	yr	9.3
Equity payback	yr	8.3
Net Present Value (NPV)	USD	194,811
Annual life cycle savings	USD/yr	26,081
Benefit-Cost (B-C) ratio		1.45
Debt service coverage		1.28
Energy production cost	USD/MWh	220.65
GHG reduction cost	USD/tCO ₂	(51)

Figura 48. Resumen financiero

6.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Para la contratación de personal se tomará en cuenta la mano de obra local para las actividades de limpieza y nivelación del terreno, con respecto a la instalación de la tecnología será responsabilidad de la empresa contratada y la misma cuenta con el personal altamente

calificado para la instalación. Con respecto al cronograma de actividades para las acciones de limpieza y nivelación solamente se requerirá dos semanas para la realización.

Tabla 13. Cronograma de actividades

ALCANCES DE	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Granja Solar														
Estudio de Campo														
Estudio Topográfico														
Trabajo de Diseño														
Trabajo Obra Civil														
Construcción Edificio														
Manufactura de Estructura														
Manufactura de Inversión y														
Envío														
Trabajo Instalación de														
Trabajo de Cableado														
Pruebas Operacionales														
Finalización del Proyecto														
Entrenamiento Operativo														

BIBLIOGRAFIA

1. Aparicio, P. (s/f). *Energía Solar Fotovoltaica* (2da. edición). Barcelona: Marcombo.
2. Gonzales, C., Perez, C., Santos, C., Gil, C., & Fernandez, C. (2013). *Centrales de energías renovables* (2da. edición). Madrid: Pearson Educación S.A.
3. Cartas (2013), *Centrales de energía renovable* Almanza R. y Muñoz F. (1994) *Ingeniería de la Energía Solar*. El Colegio Nacional, México.
4. Araya Victoriano (2010), *Evaluación técnica y económica de la utilización de paneles fotovoltaicos en la iluminación de áreas comunes de edificios*.
5. Donal G. Fink (2008) *Manual de Ingeniería eléctrica*, Editorial Mc. Graw Hill, México.
6. Escudero L. J.M. (2008) *Manual de Energía Eólica “Colección de Energías Renovables”* España.
7. Gabriel P.G. (2010), *Los próximos 500 años*, Editorial Red universitaria Argentina/España. p. 121.
8. Gutiérrez P. C., y Gutiérrez C. C., (2009), *La actuación frente al cambio climático*, Editorial UM, España.
9. VIII Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico (2010, Cuernavaca Morelos, México). (2010). *Paradigma de la Energía*. Ramón Niembro, Gaudencio. Cuernavaca Morelos, México.
10. Ayuntamiento de Pamplona (2008). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA en el marco del Código Técnico de la Edificación*.

11. Jiménez, (2008). **SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS. FUNDAMENTOS, TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES.**
12. *Impacto medio ambiental de la energía solar* Recuperado a partir de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/impacto-medioambiental-energia-solar/>
13. Diario La Gaceta (2007) *Ley de promoción de Energía Eléctrica con Recursos Renovables* Recuperado a partir de <http://www.enee.hn/pdfs/leyesenergeticas/LeydePromocionalaGeneraciondeEnergiaElectricaconRecursosRenovables.pdf>
14. Kusterer (2014) *Surface meteorology and Solar Energy* Recuperado a partir de <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
15. Fundación de energía (2014) *Balance Energético de la Comunidad de Madrid* Recuperado a partir de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Balance-Energetico-de-la-Comunidad-de-Madrid-fenercom-2015.pdf>
16. *Energía solar en Mexico* Recuperado a partir de <http://www.instalacionenergiasolar.com/energia/energiasolarenmexico.html>
17. Ecotec (2000) *Principios de Energía Solar* Recuperado a partir de <http://www.ecotec2000.de/espanol/sun1.htm>
18. CONERMEX (2015) *Modulos de Paneles* Recuperado a partir de http://www.conermex.com.mx/files/file/HojasTecnicas/01_Modulos/rs-250.pdf
19. Diario La Gaceta (2014) *Ley General de la Industria Eléctrica* Recuperado a partir de http://www.enee.hn/Portal_transparencia/2014/Junio/Ley%20General%20de%20la%20Industria%20Electrica%20Honduras%20-%20Decreto%20404-2014%20%283%29.pdf

20. ENEE (2015) *Boletín Estadístico Empresa Nacional de Energía Eléctrica* Recuperado a partir de <http://www.enee.hn/index.php/planificacionicono/182-boletines-estadisticos>

ANEXOS

ANEXO I

ENTREVISTA APLICADA AL RECURSO HUMANO CON CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA EN ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCION

BUEN DIA

Se está desarrollando un estudio para una Tesis de Maestría acerca del análisis para el desarrollo e implementación de un proyecto fotovoltaico en la Isla de Guanaja, por lo que se realizará una serie de preguntas para lo cual le solicitamos su valiosa colaboración. Hago de su conocimiento que las respuestas serán confidenciales y respetadas por lo que le pedimos contestar la mismo con la mayor sinceridad, brevedad y claridad posible.

INSTRUCCIONES

Escuchar con atención la breve inducción informativa de cómo responderá a la entrevista, y lograr de este modo el éxito esperado. A la vez se le informar que no hay respuesta correcta o incorrecta, ya que la misma refleja su opinión personal.

MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE LA ENTREVISTA:

Cuestionario, lápiz, silla, mesa, grabadora de video y llamadas telefónicas

¡Gracias de Antemano por su tiempo y colaboración!

ENTREVISTA

❖ ¿Conoce los beneficios que podría traer de la implementación de un sistema fotovoltaico tipo aislado?

Si

Mencione los que considera como principales beneficios

Regular

Mencione cuales son de su conocimiento

No

❖ En su experiencia con la generación de energía, ¿Considera usted que existen puntos fuertes y puntos débiles en un proyecto Fotovoltaico ubicado en esta zona?

Si

Exponga cuáles son de su consideración

Regular

Exponga cuáles son de su consideración

No

¿Qué le hace considerar que no existen puntos fuertes y débiles?

❖ ¿Conoce el principio de funcionamiento de un sistema fotovoltaico?

Si

Explique

Regular

Explique

No

❖ ¿Considera Ud. que los precios que el consumidor pagará por consumo de energía con un sistema fotovoltaico, será menor en comparación con el de generación de energía por métodos tradicionales?

Si

¿Porque cree que es así?

Regular

Explique sus motivos

No

¿Qué le hace considerar que no es así?

- ❖ ¿Considera Ud. la Isla de Guanaja es una zona climatológicamente hablando, ideal para desarrollar un proyecto de generación de energía solar?

Si

¿Porque cree que es así?

Regular

Explique sus motivos

No

¿Qué le hace considerar que no es así?

- ❖ Según su experiencia, ¿considera Ud. que un proyecto de generación de energía fotovoltaica es económicamente rentable?

Si

Explique

Regular

Explique

No

Explique

❖ ¿considera Ud. que un proyecto de generación de energía fotovoltaica es ambiental y socialmente responsable?

Si

Explique

Regular

Explique

No

Explique

❖ Si de Ud. dependiese, ¿Recomendaría la adopción o promoción de los sistemas fotovoltaicos en el país?

Si

¿En qué casos?

Regular

Explique

No

Explique

❖ ¿Conoce Ud. de algún otro proyecto de generación de energía fotovoltaica que se haya o se esté desarrollando en Honduras?

Si

¿Cuáles?

Regular

¿Cuáles?

No

❖ ¿Tiene Ud. algún aporte extra que desee mencionar para el desarrollo de este proyecto?

Si

Explique

Regular

Explique

No

Tabla 14. Resultados de la entrevista

N°	Pregunta	Respuesta (cantidad de personas)			Observaciones/Aporte
		Si	Regular	No	
1	¿Conoce los beneficios que podría traer de la implementación de un sistema fotovoltaico tipo aislado?	4	0	0	Generación de energía renovable a un menor precio, brindado a una comunidad que actualmente se compra el servicio a precios altos y la calidad de servicio es baja.
2	¿En su experiencia con la generación de energía, ¿Considera usted que existen puntos fuertes y puntos débiles en un proyecto Fotovoltaico ubicado en esta zona?	4	0	0	Puntos fuertes como la generación de energía económicamente sostenible, libre de contaminación. Un punto débil podría ser en algunos casos la luminosidad es una contaminación visual
3	¿Considera Ud. que los precios que el consumidor pagará por consumo de energía con un sistema fotovoltaico, será menor en comparación con el de generación de energía por métodos tradicionales?	4	0	0	Si, en comparación con los métodos tradicionales pues es un sistema que requiere solo de la inversión inicial y el resto son mantenimientos con costos bajos.
4	¿Considera Ud. la Isla de Guanaja es una zona climatológicamente hablando, ideal para desarrollar un proyecto de generación de energía solar?	3	1	0	Se considera una zona pequeña con temperaturas que oscilan en los valores permisibles para el funcionamiento ideal de un sistema.
5	¿ Según su experiencia, ¿considera Ud. que un proyecto de generación de energía fotovoltaica es económicamente rentable?	2	2	0	Es un proyecto que requiere de una inversión fuere pero con una buena propuesta al consumidor se posicionaría en el mercado de generación de electricidad.
6	¿Considera Ud. que un proyecto de generación de energía fotovoltaica es ambiental y socialmente responsable?	1	3	0	Así como posee sus ventajas también cuenta con sus desventajas, y es que también genera contaminación, como por ejemplo la luz que emiten los paneles resulta dañina a la vista del ser humano.
7	¿ Si de Ud. dependiese, ¿Recomendaría la adopción o promoción de los sistemas fotovoltaicos en el país?	2	1	1	nuestro país requiere mejores propuestas económica, ambiental y socialmente más responsable, que brinde mayores beneficios al consumidor y proyectos como este lo podrían lograr
8	¿Conoce Ud. de algún otro proyecto de generación de energía fotovoltaica que se haya o se esté desarrollando en Honduras?	2	2	0	Hay varias empresas que se han posicionado de un mercado complicado pero que están tomando mayor fuerza con el paso del tiempo, por los beneficios que estas ofrecen.
9	¿Tiene Ud. algún aporte extra que desee mencionar para el desarrollo de este proyecto?	4	0	0	Debería de existir un plan de país en apoyo financiero, tecnológico y técnico a proyectos de este tipo.

ANEXO II

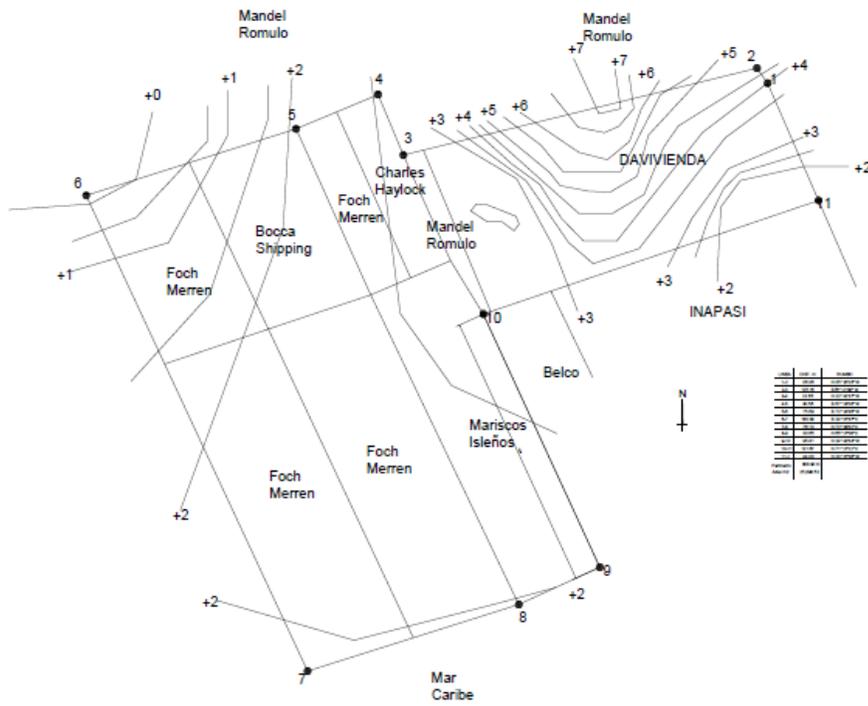


Figura 49. Mapa del emplazamiento.

**YGE 72 Cell
NH SERIES**

Powered by **YINGLI**

- YL310P-35b
- YL305P-35b
- YL300P-35b
- YL295P-35b
- YL290P-35b
- YL285P-35b
- YL280P-35b



YINGLI GREEN ENERGY

Yingli Green Energy (NYSE: YGE) es uno de los mayores fabricantes fotovoltaicos verticalmente integrado, comercializa sus productos bajo la marca "Yingli Solar". Con más de 4,5GW de módulos instalados a nivel mundial, somos una empresa líder en energía solar basándonos en la fiabilidad de un producto probado y un rendimiento sostenible. Yingli es la primera empresa de energías renovables y la primera compañía China que patrocina la Copa del Mundo de la FIFA.

RENDIMIENTO

- Células solares multicristalinas de alta eficiencia y un vidrio texturizado de alta transmitancia que permiten alcanzar una eficiencia del módulo de hasta el 16,2% lo que minimiza los costos de instalación y maximiza la producción energética del sistema por unidad de superficie.
- Tolerancia positiva ajustada de 0W a +5W asegurando una potencia en los módulos igual o superior a la nominal, contribuyendo a su vez a minimizar las pérdidas por dispersión de parámetros y a mejorar el rendimiento del sistema.
- Alta clasificación en el ensayo de rendimiento energético realizado por TÜV "TÜV Rheinland Energy Yield Test" y en el "Photon Test", demostrando un alto rendimiento y una producción anual elevada.

FIABILIDAD

- Ensayos de laboratorios independientes demuestran que los módulos Yingli Solar:
 - ✓ Cumplen completamente con los certificados y normativas vigentes.
 - ✓ Soportan cargas de viento de hasta 2,4kPa y cargas de nieve de hasta 5,4kPa, confirmando así su estabilidad mecánica.
 - ✓ Resisten satisfactoriamente la exposición a niebla salina en su punto más severo y en ambientes de alto contenido en amoníaco, asegurando así el rendimiento en condiciones adversas.
- Empresa certificada por TÜV Rheinland para la ISO 9001: 2008, la ISO140001: 2004 y la BS OHSAS 18001: 2007.

GARANTÍAS

- Garantía de producto limitada de 10 años*.
- Garantía de potencia limitada¹: 10 años al 91,2% de la potencia de salida mínima y 25 años al 80,7% de la potencia de salida mínima.

*En cumplimiento de nuestra política y condiciones de garantía.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle



YINGLISOLAR.COM

Figura 50. Manual del panel

YGE 72 Cell NH SERIES

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos para STC

Tipo de Módulo	Y1000-350 (300W _{STC})								
	P _{max}	W	310	320	330	295	290	285	280
Potencia de salida	P _{max}	W	310	320	330	295	290	285	280
Tolerancia	ΔP _{max}	W	0 / 3						
Eficiencia del módulo	η _m	%	15,9	15,6	15,4	15,1	14,9	14,6	14,4
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	36,9	37,0	36,7	36,3	35,9	35,5	35,5
Current at P _{max}	I _{mp}	A	8,41	8,28	8,17	8,12	8,10	8,02	7,89
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	46,4	46,3	46,3	46,4	45,3	45,0	45,0
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	8,98	8,87	8,77	8,62	8,62	8,50	8,35

STC: 1000W/m² irradiación, 25°C Teóricas, AM1.5 distribución espectral según EN 60904-3
Reducción media de la eficiencia relativa de 0% en a 200W/m² según EN 60904-3

Parámetros eléctricos en Temperatura de Operación Nominal de la Célula(TONC)

Tipo de Módulo	Y1000-350 (300W _{STC})								
	P _{max}	W	224,6	228,9	217,3	214,2	210,8	207,0	203,3
Potencia de salida	P _{max}	W	224,6	228,9	217,3	214,2	210,8	207,0	203,3
Tensión en P _{max}	V _{mp}	V	33,5	33,5	33,4	33,7	33,3	33,0	33,0
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	A	6,70	6,87	6,51	6,55	6,53	6,46	6,36
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	43,8	42,7	42,7	41,4	41,2	41,1	41,1
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	7,27	7,17	7,10	6,99	6,88	6,89	6,78

TONC: Temperatura en circuito abierto del módulo a 800W/m² de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1 m/s de velocidad del viento

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura de Operación Nominal de la Célula	TONC	°C	46 ± 2
Coefficiente de temperatura para P _{max}	γ	1/W°C	-0,45
Coefficiente de temperatura para V _{oc}	β _{oc}	1/W°C	-0,33
Coefficiente de temperatura para I _{sc}	β _{sc}	1/W°C	0,06
Coefficiente de temperatura para V _{mp}	β _{mp}	1/W°C	-0,45

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máxima tensión del sistema	1000V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	75A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Máxima carga estática frontal (viento y nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa
Max. Impacto por granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / número de busbars)	72 / silicio monocristalino / 156 x 156 mm / 2 x 3
Encapsulamiento (material)	Bisfenolaceto (EVA)
Marco (material / color / color del anodizado / sellado del marco)	Aluminio anodizado / plate / claro / silicona o cinta adhesiva
Caja de conexiones (grado de protección)	IP65
Cable (longitud / sección)	1000mm / 4mm ²
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP67 o YD8-1 / IP67 o Anquebol HI / IP68

* Debido a la continua innovación, investigación y mejora de productos, la información y las especificaciones dadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.

* Los datos no están referidos a un solo módulo y se son parte de la oferta, así como para su comparación entre diferentes tipos de módulos.

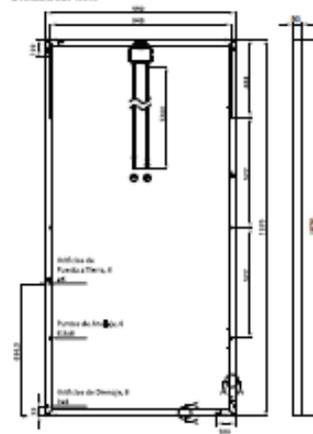
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (longitud / anchura / profundidad)	1970mm / 990mm / 33mm
Peso	25,8kg

ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

Número de módulos por pallet	21
Número de pallets por contenedor (40')	26
Dimensiones del embalaje (longitud / anchura / profundidad)	1930mm / 1140mm / 1100mm
Peso del pallet	670kg

Unidades: mm



Advertencia: Leer el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar y operar módulos Yingli.

Nuestros Colaboradores

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.
service@yinglisolar.com
Tel: 0086-312-8929802

YINGLISOLAR.COM

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. | DS_YGE72Cell-350_NH_SP_201211_V02.20



Figura 51. Manual del panel

ANEXO IV

Orientación E Inclinación De Los Módulos

Al tratarse de una instalación de estructura fija, y de situarse en el hemisferio Norte, la orientación óptima de los paneles solares es hacia el sur geográfico, el cual no coincide con el sur magnético. El modo de localizarlo es observando la dirección de la sombra proyectada por una varilla vertical a las 12 horas o mediodía solar, que es cuando el sol está en su cenit o punto más alto de su trayectoria diaria. Para ello, por la mañana, faltando dos o tres horas para el mediodía, se marcará el punto A, indicado en la Figura , en el extremo de la sombra de la varilla y se dibuja en el suelo una circunferencia alrededor de la varilla de radio OA, igual al de su sombra. Por la tarde, cuando la sombra de la varilla alcance la misma longitud se marca el punto B. La recta que une los puntos A y B estará orientada exactamente en la dirección del paralelo terrestre y trazando una perpendicular a dicha recta, indicará la dirección Norte-Sur.

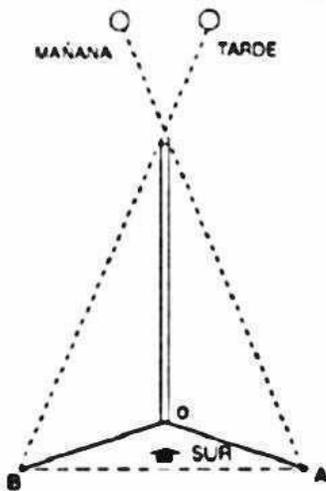


Figura 52. Localización del sur geográfico

La inclinación de los módulos se calcula con la finalidad de maximizar la captación anual de irradiación, en vez de maximizar la captación de energía durante la época de menor radiación,

por la que se obtendría una curva de producción más homogénea a lo largo de todo el año. Para obtener la máxima producción anual se puede llevar a cabo una primera aproximación:

Inclinación \approx Latitud = 14° en Guanaja la latitud es 16 así que tomando esos valores entre 14-16 obtenemos el valor óptimo de inclinación

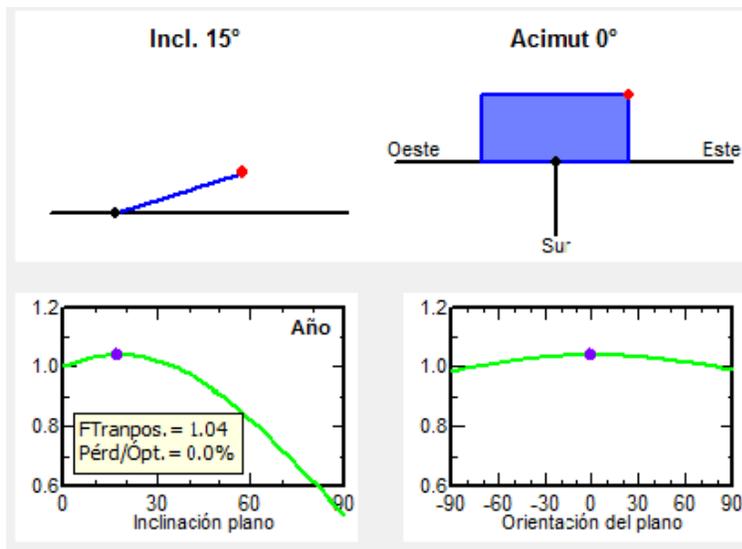


Figura 53. Producción de energía frente al ángulo de inclinación.

Según la gráfica ángulo de inclinación óptimo son 15°

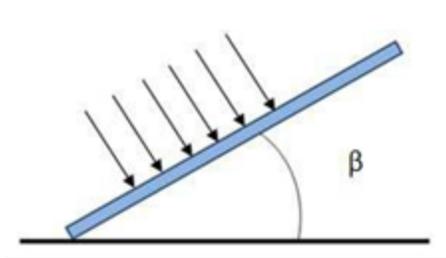


Figura 54. Inclinación de paneles

ANEXO V

Technical data

blueplanet 10.0 TL3 M2 WM OD

Electrical data	USK8 & USKA	USK3, USK9, & USKE	CAP8 & CAPA	CAP3, CAP9, & CAPE
DC electrical spec.				
DC max input voltage (V)	600	600	600	600
DC max peak power operating range (V)	280 - 550	280 - 550	280 - 550	280 - 550
DC operating range (V)	200 - 600	200 - 600	200 - 600	200 - 600
DC min start voltage (V)	250	250	250	250
DC max operating current (A)	2 X 18.6 A	2 X 18.6 A	2 X 18.6 A	2 X 18.6 A
DC max short circuit current p/channel (A)	2 X 37.0 A	2 X 37.0 A	2 X 45.0 A	2 X 45.0 A
Max input source backfeed current (A)	0	0	0	0
DC in. overload protection	Yes, Voltage and Current during operation			
DC in. terminals/conductor size p/channel (w/out PSD)	USK8: MC4 10 - 12 AWG USKA: 4 - 18 AWG		CAP8: MC4 10 - 12 AWG CAPA: 4 - 18 AWG	
AC electrical spec.				
AC max continuous output power (W)	10,000	10,000	10,000	10,000
CEC weighted eff (%)	97.5	97.5	97.5	97.5
AC nominal voltage/ operating range L to Neutral (VAC)	480 / 243 to 304	480 / 243 to 304	600 / 305 to 381	600 / 305 to 381
AC continuous output current (A)	12.1	12.1	9.7	9.7
Frequency nominal / range (Hz)	60 / 60.5 to 59.3			
Power factor	>.99			
Total harmonic distortion	<5%			
Standby losses (W)	<1.5			
AC short circuit protection	None			
AC in. terminals/conductor L1-L2-L3-N (w/out PSD)	L1-L2-L3 N: 4 - 18 AWG		L1-L2-L3 N: 4 - 18 AWG	
AC max out. fault current (A), RMS, & duration ms	625 A (P - P), 18.25 A (RMS), 36.5 ms			
Utility connection	WYE 4 wire (A,B,C,N)			
Communications & user interface				
User interface	Graphical user interface with 3 LED status indicators			
Connectivity	(Ethernet - USB - RS485 - SO output)			
Certifications & Safety				
UL / IEEE / CSA / FCC	UL 1741 2nd Ed 2010 / UL 1998 / CSA C22.2 No 107.1 / IEEE 1547 / FCC Class B			
Internal AFCI	AFCI compliant with UL1699B provided with US38, US39, US3D models			
Fault signal relay	Normal open contact (requires external voltage source)			
DC polarity safeguard	Short circuit diode			
GFDI compliant w/NEC 690.35 for use with ungrounded PV system arrays	UL1741 listed for residual ground fault current isolation monitor and interrupter function			

Figura 55. Manual del inversor.

ANEXO VI

			
---	---	---	---

Our ongoing Quality commitment ensures that our products are manufactured to ISO9001 standards. Built to Australian standards we have a rigorous testing and quality management procedures in place All products come with a 1 Year Warranty, serving and support.

TorTech prides itself on its ability, through its strong network of international engineering connections, to stay at the leading edge of latest developments in product and technology. TorTech handles a comprehensive range of transformers and has the manufacturing facilities both locally and overseas to design application solutions tailored to the needs of both OEMs and small quantity purchasers. Commitment across the business involves valuing close and sustainable relationships with customers through service, quality products and practices and a high level of technical support.

TorTech supplies transformers for use in areas such as:

- Centralised PV Solar farms
- Satellite Communications
- Defence and the Transport industry
- Power Isolation and Conversion
- Voltage conversion for imported machinery
- Medical Equipment, Mining, UPS and switchboard transformers.

Local Manufacturing:
International manufacturers will only mass produce designs in large runs of 100s and even 1,000s. Projects do not always require such large quantities and so our Australian based factories, combined with our engineering resources, provides our customers with a quick and efficient method to produce prototypes as well as small quantity runs. Our Australian made units are fully tested before dispatch, to ensure each unit maintains the quality of our high manufacturing standard.

Importing Expertise:
From our wide range of proven overseas suppliers, we can select the most suitable for your needs. Our expertise in importation ensures a hassle free delivery. Our Engineers travel frequently overseas on your behalf to inspect, negotiate and audit over the production process. You can be confident that the products are made to a high standard and conform to your delivery deadlines.

Custom Design and Engineering:
Most products, especially those used in custom projects, are rarely a standard 'off the shelf' item. Our engineers can design products to meet your requirements. This, combined with our ability to manufacture locally, makes us the perfect choice for prototyping and custom design work. Speak to one of our Sales Engineers for more information.

All TORTECH products comply with VDE 0550 as a minimum standard and the company holds international certification for various standard and OEM products.

Approvals include:
IEC 742, AS/NZS 61558 and Austel compliance.
Product to UL544 standards available.

Tel: (02) 9642 6003
Email: enquiries@tortech.com.au

Figura 56. Manual del transformador.

ANEXO VII

PERDIDAS ENERGETICAS EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una vez la energía llega a la superficie de captación de los paneles fotovoltaicos, ésta tiene que llegar a la red eléctrica para su disposición a los consumidores. En el paso desde los módulos fotovoltaicos hasta el punto de conexión a red se presentan un conjunto de pérdidas que disminuyen la energía finalmente vendida a la red eléctrica. Ese conjunto de pérdidas se presenta en un factor de rendimiento llamado Performance Ratio (PR). A la hora de dimensionar un sistema fotovoltaico es necesario analizar las diferentes pérdidas energéticas que se producirán en el mismo:

- **Pérdidas por orientación**

La generación de energía se puede ver afectada no solo por la orientación sino que también por la orientación que posean los paneles; la mayor parte de los sistemas fotovoltaicos sugieren que la orientación de los paneles sea hacia el Sur para lograr la mayor captación de radiación solar y como consecuencia una mayor generación de energía, sin embargo esto no significa que no se generaran pérdidas de energía. La orientación de los paneles se rige de esta manera por el movimiento aparente del Sol con respecto a un punto en la Tierra.

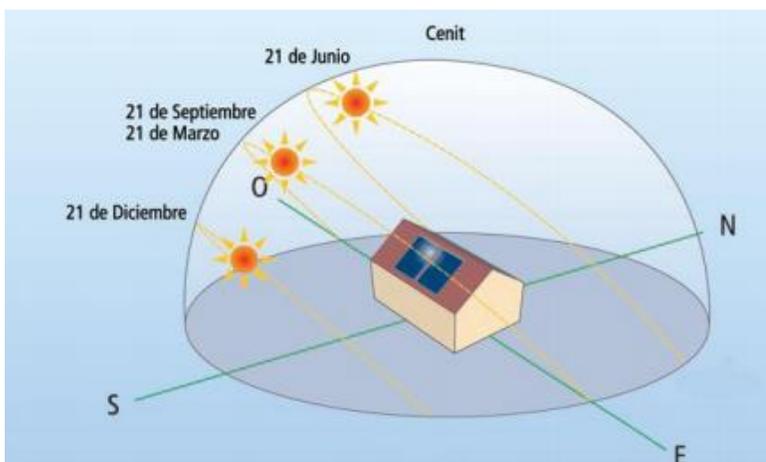


Figura 57. Recorrido del sol en la esfera terrestre.

- **Perdidas por inclinación**

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico viene determinada por el fabricante en relación a unas condiciones estándar de medida, STC, que, además de suponer un valor para la irradiación de 1000 W/m² y 25 C de temperatura de célula e implican que la incidencia de los rayos solares es perpendicular. Se usara un factor K de inclinación como corrección a la radiación horizontal los valores para K se pueden calcular de un ábaco o de tablas de apoyo en base a cada latitud terrestre y el ángulo de inclinación y para cada mes del año, para Guanaja latitud 16° y ángulo de inclinación 15° los valores de K son:

Tabla 15. Valores de K

Ene	Feb	mar	Abril	Mayo	junio	julio	Agosto.	Sept	oct	nov	dic
1.09	1.06	1.02	0.98	0.94	0.93	0.94	0.98	1.03	1.08	1.11	1.11

Fuente: CENSOLAR

Con estos Datos podemos Calcular la energía con el factor de corrección K

Tabla 16. Factor de corrección K

Mes	Días del Mes	Temperatura del aire	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar Mensual - horizontal	Factor de Corrección por Inclinación.	Redición Solar Mensual Real
		°C	kWh/m ² /d	kWh/m ² /m	K	kWh/m ² /m
Enero	31	37.22	4.54	140.74	1.09	153.4
Febrero	28	37.36	5.60	156.8	1.06	166.2
Marzo	31	37.80	6.49	201.19	1.02	205.2
Abril	30	38.43	7.15	214.5	0.98	210.2
Mayo	31	38.87	6.80	210.8	0.94	198.2
Junio	30	39.05	6.52	195.6	0.93	181.9
Julio	31	38.79	6.17	191.27	0.94	179.8
Agosto	31	38.96	6.36	197.16	0.98	193.2

Setiembre	30	39.09	6.20	186	1.03	191.6
Octubre	31	38.87	5.19	160.89	1.08	173.8
Noviembre	30	38.47	4.39	131.7	1.11	146.2
Diciembre	31	37.84	4.20	130.2	1.11	144.5
Anual	365	38.40	5.80	2,116.9		2,144.2
Medido a	10	M				

- **Pérdidas por temperatura**

En los módulos fotovoltaicos se producen pérdidas de potencia del orden del 0,4-0,5% por cada 1°C de aumento de temperatura que varíe de los parámetros de diseño estándar de 25°C, el valor es de ese coeficiente de pérdidas es de -0,45%/°C, dato tomado como promedio.). La temperatura de operación de los módulos fotovoltaico depende de los factores ambientales de irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento y de la posición de los módulos o aireación por la parte posterior. Esto implica que por ejemplo a igualdad de irradiación solar incidente un mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío.

El rendimiento por pérdidas por temperaturas es menor durante los meses de verano que durante los meses de invierno.

$$FT = -0,46 \% / ^\circ\text{C}$$

Para el cálculo de estas pérdidas para cada mes (i) se aplicara:

$$FT_i = 1 + (-0,46/100)(T_i - 25)$$

Tabla 17. Perdidas por temperatura

Mes	Temp Amb	T Panel	Eficiencia del Panel
Enero	37.22	57.22	86%
Febrero	37.36	60.36	84%
Marzo	37.80	62.80	83%
Abril	38.43	63.43	83%
Mayo	38.87	63.87	83%
Junio	39.05	63.05	83%
Julio	38.79	58.79	85%
Agosto	38.96	58.96	85%
Setiembre	39.09	60.09	84%
Octubre	38.87	60.87	84%

Noviembre	38.47	60.47	84%
Diciembre	37.84	59.84	84%
			83.9%

Las pérdidas por temperatura conducirían a un 16.1%

- **Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal**

Los módulos, al ser fabricados por un proceso industrial, no son todos idénticos. Las células fotovoltaicas de las que se componen los módulos son distintas entre ellas. Esto implica que la potencia que pueden generar de modo individual va a variar de unos a otros. La tolerancia de estos paneles en torno a la potencia nominal oscila entre el $\pm 3\%$ al $\pm 10\%$. En nuestro caso concreto el fabricante indica que los módulos fotovoltaicos tienen una tolerancia positiva entre el margen $0/+5\%$.

Se tomará el valor más desfavorable, esto es, el del 0% , lo cual supone que no hay ningún panel cuya potencia nominal sea superior a la indicada por el fabricante:

$$FP_{nom} = -10 \%$$

- **Pérdidas por conexionado (pérdidas por mismatch)**

Las pérdidas por conexionado son las pérdidas causadas al realizar la conexión entre módulos de distinto valor de potencia. Al realizar la conexión en serie de los módulos, el panel que disponga de menor potencia de todos limitará la corriente que circule por la serie al no poder permitir la circulación de más corriente que el máximo que él puede dar. En cuanto a la conexión en paralelo, el módulo con menor potencia limitará la tensión máxima del conjunto. Las pérdidas por conexionado se encuentran por lo general en el rango del 1% al 4% . Tomaremos una pérdida $F_{con} = -2,5 \%$

- **Pérdidas por sombreado del generador**

Estas sombras sobre los paneles generan unas pérdidas energéticas causadas por un lado por la disminución de captación de irradiación solar (por existir una menor radiación) y por los posibles efectos de mismatch a las que pueda dar lugar al afectar a la potencia individual de un panel o a la de un conjunto de paneles de la instalación.

- **Pérdidas por polvo y suciedad**

Las pérdidas por polvo y suciedad dependen del lugar de la instalación y de la frecuencia de lluvias. Valores típicos anuales son inferiores al 4% para superficies con un alto grado de suciedad.

$$FS = - 3 \%$$

- **Pérdidas por el rendimiento del inversor**

Los inversores son uno de los elementos fundamentales en la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos conectados a red. El rendimiento del inversor es sin duda alguna el parámetro más representativo de los inversores.

El rendimiento del inversor se ve afectado por la presencia interna de un transformador, que hace que este parámetro disminuya. En este caso concreto, el inversor tiene una eficiencia de 96.9%

$$F_{inv} = - 3.1\%$$

- **Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado**

Tanto en la parte de continua como en la parte de alterna se producirán unas pérdidas como consecuencia de la resistencia de los conductores. Para ello es necesario el correcto dimensionado de la instalación y la adecuada elección de las secciones y longitudes de los cables.

Las pérdidas óhmicas no serán superiores al 2,5 % para la zona de continua, y al 2% para la zona de alterna.

$$F_{dc} = -2 \%$$

$$F_{ac} = -2 \%$$

Pérdidas en el transformador

El transformador tiene un rendimiento del 99.0%

$$F_{tr} = 1.0\%$$