



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TESIS DE POSTGRADO**

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO  
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ISLA  
DE GUANAJA**

**SUSTENTADO POR:**

**OSCAR RENE SABILLON VIERA**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLE**

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.**

**DICIEMBRE, 2017**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA**

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA  
HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
PARA LA ISLA DE GUANAJA**

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

**MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLE**

**ASESOR**

**JORGE NUÑEZ PAGOAGA**



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ISLA DE GUANAJA**

**Oscar René Sabillón Viera**

### **Resumen**

Con el propósito de realizar un estudio Técnico-Económico para un sistema híbrido de generación de energía eléctrica en la isla de Guanaja, se realizó la presente investigación con un enfoque cuantitativo con alcance exploratorio que se hizo en un único momento. Se aplicó instrumento de investigación con preguntas dirigidas que caracterizaron las variables: demanda eléctrica, costos de generación, porcentaje de penetración renovable y marco legal aplicable. Se utilizaron levantamientos de carga eléctrica existentes y se investigaron los hábitos de consumo de los principales rubros de la isla para caracterizar su demanda eléctrica. Se desarrolló un análisis en donde se identificaron las principales exoneraciones fiscales y los principales componentes que debía tener una tarifa en la isla de Guanaja pues en la legislación actual del subsector eléctrico de Honduras no se especifican las consideraciones para los sistemas aislados. El análisis integral del estudio económico y financiero demostró que el desarrollo del proyecto de generación en la isla de Guanaja es bastante atractivo económicamente.

**Palabras claves: Demanda eléctrica, sistema híbrido, isla, energía renovable, marco legal.**



## **GRADUATE SCHOOL**

# **TECHNICAL-ECONOMIC STUDY OF A HYBRID SYSTEM OF GENERATION OF ELECTRICITY FOR THE ISLAND OF GUANAJA**

**Oscar René Sabillón Viera**

### **Abstract**

With the purpose of carrying out a Technical-Economic study for a hybrid system of electric power generation in the island of Guanaja, the present investigation was carried out with a quantitative approach with exploratory scope that was made in a single moment. A research instrument was applied with directed questions that characterized the variables: electricity demand, generation costs, percentage of renewable penetration and applicable legal framework. Existing load surveys were used and the consumption habits of the main areas of the island were investigated to characterize their electrical demand. An analysis was developed in which the main tax exemptions and the main components that should have a tariff on the island of Guanaja were identified since the current legislation of the Honduran electricity subsector does not specify the considerations for isolated systems. The comprehensive analysis of the economic and financial study showed that the development of the generation project on the island of Guanaja is quite attractive economically.

**Keywords: Electric demand, hybrid system, island, renewable energy, legal framework.**

## **DEDICATORIA**

A Dios, mi guía espiritual.

A mi madre Marlén Viera, quien es mi apoyo incondicional.

A mi hermana Alma Sabillón: te dedico mis triunfos y te invito a mejorar mis pasos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al personal que labora en la Alcaldía de Guanaja, a la Ingeniera Karla Hernández por su colaboración en la recopilación de información.

Al Ingeniero Jorge Núñez Pagoaga por su asesoría en la presente investigación.

A mis docentes durante todo el programa de estudio de la maestría.

Muchas gracias.

## Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS .....	X
Índice de Contenido .....	XI
Índice de tablas .....	XIII
Índice de Figuras.....	XIII
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Antecedentes del problema .....	3
1.3 Definición del problema .....	3
1.4 Objetivos de la investigación .....	4
1.5 Justificación .....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Análisis de la Situación Actual.....	6
2.1.1 Situación de las Energías Renovables en el Mundo .....	6
2.1.2 Situación actual de la energía solar fotovoltaica .....	7
2.1.3 Situación Actual de la Energía Eólica .....	7
2.1.4 Situación Actual de la Energía Hidráulica .....	8
2.2 El Mercado Eléctrico Regional .....	8
2.3 Situación del sector Energía en Honduras.....	9
2.3.1 Situación del subsector Electricidad en Honduras .....	11
2.3.2 Potencial disponible para generación eléctrica con fuentes renovables .....	11
2.3.3 Cobertura del servicio de energía eléctrica en Honduras .....	13
2.3.4 Situación actual de la isla de Guanaja .....	14
2.4 Situación actual del servicio de energía eléctrica de la isla de Guanaja .....	15
2.5 Teorías de Sustento.....	17
2.5.1 Análisis de las metodologías .....	17
2.5.2 Antecedentes de las metodologías Software HOMER .....	18
2.5.3 Análisis crítico de las metodologías .....	18
2.6 Conceptualización .....	18
2.6.1 Concepto de Trabajo y Energía .....	18
2.7 Marco Legal Aplicable .....	21
2.7.1 Marco Legal asociado a la Normativa Ambiental en Honduras.....	21
2.7.2 Marco Legal del Subsector Electricidad en Honduras .....	22
2.7.3 Marco Legal sobre Programas de Incentivos y Exenciones Fiscales .....	23
2.7.4 Exenciones Fiscales para los proyectos de generación con Energías Renovables ..	24
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA .....	25
3.2 Etapas de estudio técnico .....	27
3.3 Costos .....	29
3.4 Definición de las variables .....	29



3.4 Enfoque y métodos .....	29
3.5 Marco legal .....	30
3.6 Diseño de la investigación .....	30
3.7 Técnicas e instrumentos aplicados.....	31
3.8 Fuente de información .....	31
3.9 Limitantes de la investigación .....	31
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 Estimación de la demanda de energía y determinación del factor de carga en la isla.....	33
4.1.1 Cargas de Consumo Residencial .....	33
4.1.2 Cargas de Consumo Industrial .....	35
4.2 Perfil de demanda total en la isla de Guanaja.....	36
4.2 Estimación de los costos de instalación y puesta en marcha.....	37
4.2.1 Principales costos de la tecnología de generación eólica en tierra firme .....	38
4.2.2 Principales costos de la tecnología de generación solar fotovoltaica .....	39
4.2.3 Principales costos de los sistemas de almacenamiento de energía .....	39
4.2.4 Principales costos de los sistemas de generación térmica .....	40
4.2.5 Costos de operación y mantenimiento para cada tecnología del sistema híbrido ....	40
4.3 Diseño del sistema de generación híbrido.....	41
4.3.1 Datos generales de la isla de Guanaja .....	42
4.3.2 Hoja de potencial de recursos disponibles con los que cuenta la isla de Guanaja. .	42
4.3.3 Perfil de carga de la isla de Guanaja.....	43
4.3.4 Tecnologías de generación que fueron consideradas.....	44
4.3.5 Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento .....	46
4.4. Principales resultados obtenidos.....	48
4.5 Marco Legal aplicable para estimar los componentes de la tarifa de energía eléctrica .....	52
4.5.1 Costos de generación .....	52
4.5.2 Costos de transmisión .....	53
4.5.3 Costos de distribución .....	53
4.5.3 Costo de alumbrado público .....	53
4.5.4 Costo del Fondo Social de Desarrollo (FOSODE) .....	54
4.5.5 Costos por Regulación .....	54
4.5.6 Costos de Operación .....	54
4.5.7 Costos asociados a participar en el Mercado Eléctrico Regional.....	54
4.5.8 Principales Exoneraciones .....	55
4.6 Análisis Económico.....	56
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	61
5.2 RECOMENDACIONES .....	63
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Potencial Disponible de recursos de generación eléctrica.....	12
Tabla 2. Capacidad de plantas eólicas y Fotovoltaico actualmente en operación en el país .....	12
Tabla 3. Índice de electrificación en Honduras por departamento .....	13
Tabla 4. Clientes considerados para la cobertura eléctrica por empresas distribuidoras .....	13
Tabla 5. Definición de Variables y Fuentes de información .....	32
Tabla 6. Demanda y energía consumida promedio por hora en la isla de Guanaja .....	36
Tabla 7. Costos de inversión inicial de las centrales eólicas en tierra firme .....	38
Tabla 8. Costos de inversión inicial de las centrales fotovoltaicas .....	39
Tabla 9. Costos de inversión inicial.....	40
Tabla 10. Costos de inversión inicial de un generador térmico a partir de diésel .....	40
Tabla 11. Rangos de búsqueda sobre la potencia instalada de cada minicentral de generación.....	45
Tabla 12. Costos introducidos en HOMER Energy para evaluación económica .....	47
Tabla 13. Matriz de optimización de HOMER de acuerdo al análisis de sensibilidad definido .....	50
Tabla 14. Resumen de costos.....	51
Tabla 15 . Datos sobre la producción eléctrica por tecnología que tendrá nuestro sistema.....	52
Tabla 16. Principales componentes de la nueva tarifa de energía de la isla de Guanaja .....	55
Tabla 17. Tabla de amortización caso 1 .....	57
Tabla 18. Tabla de amortización caso 2 .....	58
Tabla 19. Tabla de amortización caso 3 .....	59

## Índice de Figuras

Figura 1. Inversión mundial en energías renovables.....	6
Figura 2. Matriz por tipo de Energía .....	10
Figura 3. Matriz Energética en Honduras .....	10
Figura 4. Isla de Guanaja .....	14
Figura 5. Recurso Solar en Honduras .....	17
Figura 6. Recurso Eólico en Honduras .....	17
Figura 7. Clasificación de las Fuentes Energéticas .....	20
Figura 8. Ejemplos de Fuentes Secundarias de Energía .....	21
Figura 9. Consumos Energéticos para una vivienda promedio en Guanaja. ....	34
Figura 10. Consumos Energéticos para una vivienda de consumo superior en Guanaja. ....	34
Figura 11. Perfil de demanda de la isla de Guanaja. ....	37
Figura 12. Hoja del potencial del recurso solar en la localidad Savannah Bight. ....	42
Figura 13. Hoja del potencial del recurso eólico en la localidad Savannah Bight. ....	43
Figura 14. Hoja de la característica de carga de Guanaja dentro del software HOMER.....	44
Figura 15. Diagrama esquemático del sistema de generación híbrido para la isla de Guanaja. ....	46
Figura 16. Matriz de optimización de HOMER.....	49
Figura 17. Gráfico de flujos de caja para el análisis del escenario 1 .....	58
Figura 18. Gráfico de flujos de caja para el análisis del caso 2.....	59
Figura 19. Gráfico de flujos de caja para el análisis del caso 3 .....	60

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

ARECA:	Proyecto “Acelerando las inversiones en energías renovables en Centroamérica y Panamá a través del BCIE”
BCIE:	Banco Centroamericano de Integración Económica
BELCO:	Bonacca Eléctric Company
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CNE:	Comisión Nacional de Energía
COE:	Costo de la energía (Cost of Energy)
CO2:	Dióxido de carbono
CREE:	Comisión Reguladora de Energía Eléctrica
DGE:	Dirección General de Energía
ENEE:	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
ERIBA:	Proyecto “Energía renovable en Islas de la Bahía”
FOSODE:	Fondo Social de Desarrollo
GEI:	Gases de efecto invernadero
HOMER:	Modelo de optimización híbrido para energías renovables eléctricas
IDAE:	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IEA:	Agencia Internacional de Energía
INE:	Instituto Nacional de Estadística
IRENA:	Agencia Internacional de Energía Renovable
ISR:	Impuesto sobre la renta
ISV:	Impuesto sobre la venta
LGIE:	Ley General de la Industria Eléctrica.
NREL:	Laboratorio Nacional de Energías Renovables
OLADE:	Organización latinoamericana de Energía
RECO:	Roatán Electric Company
RETSCREEN:	Software de gestión de energías limpias del departamento de recursos naturales de Canadá
REN21:	Red Política para Energías Renovables del siglo 21
RTMER:	Reglamento Transitorio del Mercado Eléctrico Regional de Centroamérica
SERNA:	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras
SIEPAC:	Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central
SIN:	Sistema Interconectado Nacional
SWERA:	Herramienta para la valoración del recurso solar y eólico
SREP:	Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía
WB:	Banco Mundial

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Introducción**

La presente investigación realizó un estudio técnico y económico para la implementación de un sistema autónomo de generación eléctrica en la isla de Guanaja, Departamento de Islas de la Bahía, con el objetivo primordial de generar una solución para abaratar los precios que actualmente los pobladores de la isla pagan por el servicio de suministro eléctrico así como diversificar la matriz energética de la isla a través de la generación eléctrica con fuentes libres de carbono.

Actualmente el servicio de generación y distribución eléctrica de la isla de Guanaja es suministrado por la central térmica de capital privado Bonacca Electric Company (BELCO S. de RL), existe una iniciativa de investigación y financiamiento a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para implementar una central fotovoltaica que supla un porcentaje de la demanda eléctrica de la isla. A continuación se describe la estructura de la presente investigación la cual se estructura en cinco capítulos: en el primer capítulo se expone la construcción del objeto de estudio que implica el problema, los objetivos y preguntas de investigación; así como, los argumentos pertinentes para justificar la importancia e impacto de este estudio.

En el segundo capítulo se desarrolló el marco teórico y conceptual, se describió el panorama del sector eléctrico en Honduras y el mundo, la matriz energética de la isla de Guanaja y su potencial de generación con fuentes renovables, así mismo se definieron las principales tecnologías de generación con recursos renovables que fueron consideradas en este estudio en el marco de las fuentes energéticas de la isla. Por último se revisó el marco legal aplicable al sector de la energía eléctrica tanto para sistemas interconectados como para sistemas aislados en Honduras. El proceso metodológico se muestra en el tercer capítulo que incluye el enfoque,

diseño y procedimientos, técnicas de recolección de datos, técnicas para analizar los datos obtenidos en el proceso.

En el capítulo cuatro se realizó la estimación de la demanda eléctrica para los sectores residenciales, comercial y el rubro industrial de la isla de Guanaja, se generó la curva de demanda que determinó la cantidad de energía eléctrica a suministrar en un periodo de un año, así mismo se definieron los principales criterios de diseño y costos asociados a la inversión inicial y operación para modelar un sistema de generación híbrido y suplir de forma óptima la demanda eléctrica de Guanaja. Se hizo un análisis de sensibilidad basado en el precio del combustible fósil usado por el sistema de generación para encontrar la solución óptima en base a los criterios básicos: costo, beneficio y sostenibilidad. Se revisó el marco legal aplicable a sistemas aislados para estimar los componentes de la tarifa de electricidad en la isla y las principales exoneraciones.

Y en el capítulo cinco se presentan las conclusiones y recomendaciones técnicas y económicas del investigador sobre el desarrollo del sistema de generación en Guanaja.

## 1.2 Antecedentes del problema

El municipio de Guanaja tiene una población de 5,576 habitantes, con una densidad poblacional de 97.76 habitantes por km<sup>2</sup>. El municipio está dividido geográficamente en 4 aldeas y 47 caseríos (INE, 2013), la población del municipio representa el 0.07% del total de la población de Honduras. La principal actividad económica se centra en la agricultura, silvicultura, caza, pesca y rubro turístico, los cuales emplean a un 30% de la población total del municipio. El municipio posee un índice de 26% en pobreza extrema y un índice de 28% en desarrollo humano. Según el BID, actualmente su demanda eléctrica es de 0.9 MW y la energía consumida por la población es generada por medio de una central térmica de la empresa Bonacca Electric Company, mejor conocida como BELCO. Los costos de la electricidad en la isla son del orden de \$0.41 USD/kWh.

Por lo que se pretende hacer un estudio donde se genere la cantidad de energía que la isla necesita mediante tres aspectos 1) Evaluación del recurso energético renovable, 2) Caracterización de la demanda de electricidad de la isla, y 3) Diseño del plan de inversiones. Cabe destacar que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ha realizado estudios de factibilidad de energía renovable en la isla desde el 2015 pero no se ha implementado.

## 1.3 Definición del problema

En vista de la terminación del contrato de suministro de BELCO y los altos costos de producción de energía eléctrica con combustible fósil en la isla de Guanaja, es necesario proponer un sistema de generación híbrido cuya realización sea viable partiendo de los estudios y levantamientos existentes realizando simulaciones con software de diseño para la implementación de una central de generación que ofrezca seguridad del suministro siguiendo las características particulares y marco legal que rigen los sistemas aislados en Honduras.

Para realizar este estudio es importante conocer ¿cuáles son los beneficios que trae al municipio de Guanaja la implementación de un sistema híbrido de generación de energía.

#### 1.4 Objetivos de la investigación

##### Objetivo General

Determinar la factibilidad técnica y financiera de un sistema de generación híbrido de energía eléctrica que sustituya parcial o totalmente el uso de energía diésel para abaratar los precios y disminuir el daño ambiental en la isla de Guanaja durante el año 2017.

##### Objetivos específicos

1. Caracterizar socioeconómicamente los sectores consumidores de electricidad de Guanaja para estimar su demanda de energía eléctrica.
2. Analizar la situación del mercado local para la implementación de un sistema híbrido de energía limpia.
3. Identificar las opciones técnicas para la implementación de un sistema de generación híbrido de energía eléctrica.
4. Realizar estudio de viabilidad técnica y financiera para implementar un sistema de generación de energía híbrido en la isla de Guanaja
5. Revisar el marco legal aplicable para la estimación de los ingresos por tarifa eléctrica y sus principales exoneraciones.

## 1.5 Justificación

Según el BID, en la actualidad, Bonacca Electric Company (BELCO) supe los 3.34 GWh de demanda anual de energía en la isla a través de generadores diésel, representando una inversión en combustible de US\$ 1.3 millones además, BELCO opera con 5.96% de pérdidas técnicas en sus sistemas de distribución y transformación.

La dependencia absoluta de la generación con diésel y por consiguiente los aumentos del precio del petróleo afectan directamente los costos de producción. Debido a ello, la tarifa se ve afectada todos los meses, por el cobro adicional de un ajuste por combustible de alrededor de un 100%, lo que hace que el precio de la energía sea más del doble que en tierra firme.

En ese contexto, es necesario la búsqueda de soluciones, mediante la elaboración de un estudio energético, para mejorar la eficiencia del sistema e identificar el recurso de energía renovable disponible en la isla. el presente estudio considera la generación de la energía eólica en vista que Guanaja tiene un potencial importante con vientos que oscilan entre clase III (arriba 5 m/s a 10 m de altura), según el índice de deformación de Griggs-Putnam, y en base a fotografías de la vegetación, en regiones que pueden ser vientos clase V y VI. Además se sabe que cuenta con un recurso solar importante según el SWERA.

Abaratar los costos por consumo de energía renovable en la isla, contribuirá enormemente en el bienestar y desarrollo de los habitantes de Guanaja, y en el cuidado del medio ambiente.



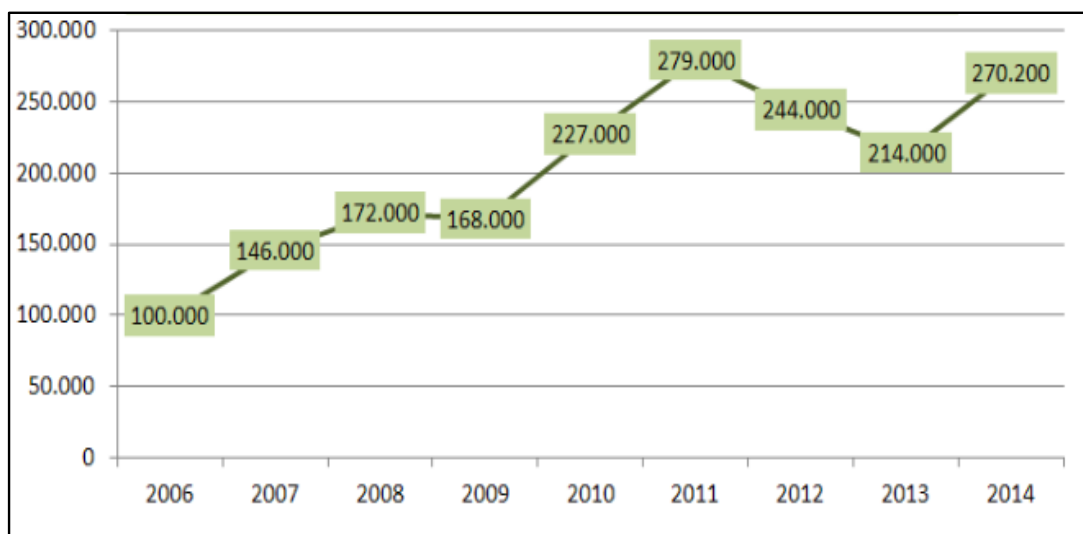
## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Análisis de la Situación Actual

#### 2.1.1 Situación de las Energías Renovables en el Mundo

Investigaciones han demostrado que en 2014 las inversiones mundiales en energías renovables se recuperaron hasta los 270 millones de dólares (Ver Figura 1), gracias al desarrollo de grandes instalaciones y al rápido desarrollo de la tecnología de generación solar fotovoltaica sobre tejados gracias a la fuerte mejora de su competitividad por la reducción de costos y al incremento de la eólica offshore en Europa (Margarit, 2015).

El desplome del precio del combustible no ha tenido el impacto esperado en el desarrollo de las energías renovables (Margarit, 2015).



**Figura 1. Inversión mundial en energías renovables**

Fuente: (Margarit, 2015).

A continuación se destaca el incremento durante el 2015 en el uso de energías renovables por tipo de tecnología (en Billones de Dólares): Solar:150\$BN, Eólica:100\$BN,

Biomasa:8\$BN, Biocarburantes:5\$BN, Minihidráulica:4\$BN , Geotermia: 3\$BN (Margarit, 2015).

### 2.1.2 Situación actual de la energía solar fotovoltaica

En lo que se refiere al mercado de la energía solar fotovoltaica (FV) durante el período 2015-2016, su potencia instalada se incrementó un 25% con respecto al 2014. Durante este año se logró una potencia instalada de 50 GW, aumentando el total mundial a 227 GW. La capacidad mundial de energía solar FV en el mercado anual del 2015 fue 10 veces mayor a la de hace una década. Una vez más, China, Japón y Estados Unidos reportaron la mayor parte en la capacidad añadida; sin embargo los mercados emergentes aportaron significativamente incentivados por los precios competitivos de la energía solar fotovoltaica (Ponce Corral, García Villalba, Cabera, & Valenzuela, 2014)

A finales de 2015, aproximadamente unos 22 países tenían suficiente capacidad renovable para cumplir con más del 1% de la demanda en electricidad. En algunos países se presentaban incluso cuotas mucho más altas (Italia 7,8%, Grecia 6,5% y Alemania 6,4%). China alcanzó el 100% de electrificación, en parte gracias a la energía solar FV instalada fuera de la red desde 2012; sin embargo, para la energía conectada a la red, la limitación de la generación solar empezó a convertirse en un grave desafío para el sector de la energía solar Fotovoltaica de China (REN21, 2016).

### 2.1.3 Situación Actual de la Energía Eólica

Para el 2015, la energía eólica fue la principal fuente de generación de electricidad en Europa y Estados Unidos, y la segunda más importante en China. En todo el mundo se alcanzó un total de 433 GW instalados. Los países en desarrollo fueron los responsables de la mayoría

de instalaciones, siempre liderados por China, luego de esto surgieron nuevos mercados en África y Sudamérica (Scoville & De Alonzo, 2012)

Las instalaciones offshore, construcciones en el mar, tuvieron aproximadamente 3.4 GW instalados durante 2015 y 2016 sobre todo en los países europeos, superando el total de 12 GW en todo el mundo. La industria eólica tuvo un año productivo y la mayoría de los fabricantes de turbinas alcanzaron mayores records de instalación, por ejemplo, incrementado la capacidad de cada unidad aerogeneradora producida.

#### 2.14 Situación Actual de la Energía Hidráulica

Durante el 2015, se instaló una capacidad mundial de energía hídrica de 28 GW (a excepción de las plantas con bombeo), alcanzando el total mundial de 1,064 GW. En promedio la generación del 2015 aumentó 1% con respecto al 2014, lo que equivale a 3,920 TWh de generación. (Energía Hidráulica). Factores como el riesgo climático y la creciente participación de generación de energías renovables de potencia no firme incentivaron que la industria hidroeléctrica migrara hacia una nueva adaptación. La modernización y adquisición de nuevos equipos, así como la ampliación de las instalaciones existentes, se extendieron en diversas áreas para alcanzar un mayor nivel de eficiencia y flexibilidad (Energías Renovables 2016 Reporte de la Situación Mundial, 2016).

#### 2.2 El Mercado Eléctrico Regional

Los sistemas eléctricos aislados establecidos en Honduras no se ven influenciados directamente por el Mercado Eléctrico Regional. Sin embargo, se vuelve necesario describirlo como parte del contexto eléctrico nacional y regional. El mercado eléctrico de Centroamérica tiene como característica fundamental que funciona sobre reglas del Reglamento Transitorio del Mercado Eléctrico Regional (RTMER). Este tratado establece que el MER es un séptimo

mercado superpuesto con los seis mercados o sistemas existentes en cada país de Centroamérica. En ese sentido los agentes habilitados pueden realizar transacciones internacionales en toda la región. Lo anterior con el propósito de garantizar transacciones de energías de forma libre, para sí o para terceros países de la región, sujetos únicamente a las condiciones establecidas en el tratado marco, sus protocolos y reglamentos.

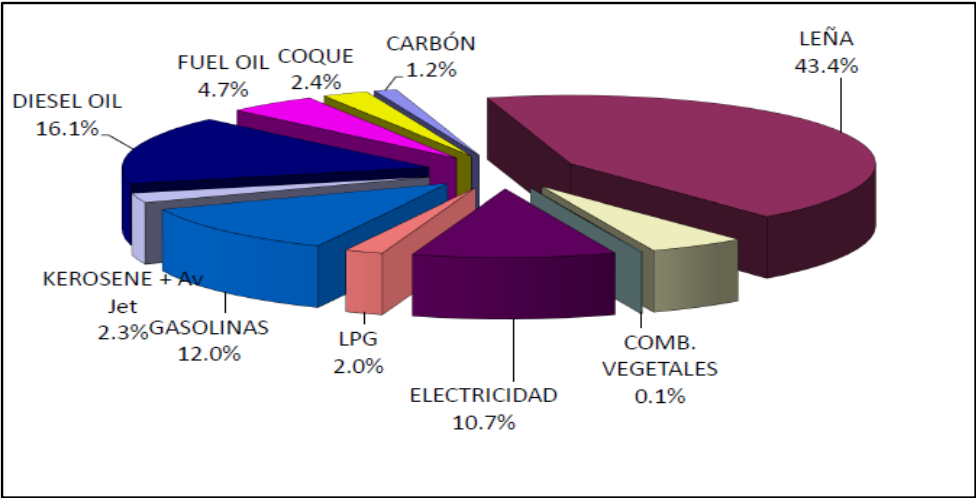
El Mercado Eléctrico Regional (MER) de América Central inició operaciones a partir del 1 de junio de 2013, lo que significó un incremento del 124.1% en las transacciones de electricidad entre los países de América Central. A pesar de lo anterior, Honduras no ha podido consolidar su participación en el MER por lo cual se vuelve menos competitivo en comparación a otros países como Guatemala y Costa Rica (Análisis del mercado eléctrico regional de Centroamérica y acciones para impulsar proyectos de generación nacional, 2013)

### 2.3 Situación del sector Energía en Honduras

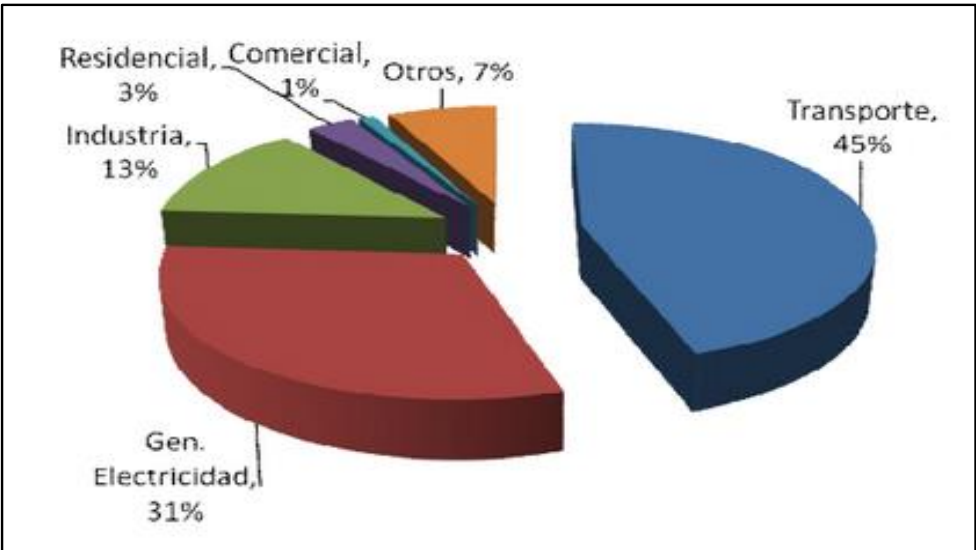
Honduras es el segundo país con mayor extensión territorial de Centroamérica, con un área de 112,492 mil kilómetros cuadrados. Para 2009, su producto interno bruto (PIB) alcanzó 14.2 billones en dólares corrientes y su población se situó el mismo año en 7.88 millones de habitantes según el Instituto Nacional de Estadística. Estos indicadores ubican al país como una de las economías de menor tamaño y más habitadas de la región, por lo que su PIB en términos per cápita de US\$1,918 es el segundo más bajo del istmo centroamericano, cerca de la mitad del promedio regional en 2009 (Prezi, 2014).

Honduras es el país centroamericano con la mayor proporción de hogares viviendo en zonas rurales con un promedio nacional de 52%. De acuerdo a la línea de pobreza nacional, cerca de 60% de los hondureños viven en situación de pobreza (Banco Mundial 2011) y el país se ubica en la posición 106 de un total de 169 países que participan en la medición del Índice de Desarrollo Humano (PNUD , 2017). Por otro lado, Honduras es un país cuya matriz

energética está formada casi exclusivamente por el consumo de combustibles fósiles y el uso de biomasa (leña) (DGE, 2015). La primera cifra que sobresale es el 43.4% de participación de la leña en la matriz energética nacional (Ver Figura 2), con una creciente participación del diésel y el bunker en la generación de electricidad (Ver Figura 3). Honduras es un país netamente importador de derivados del petróleo, principalmente de EUA, Ecuador y Venezuela. La alta dependencia del petróleo es evidente con una gran participación en la factura petrolera en el transporte y la generación de energía eléctrica (Espinoza Zegarra & Badillo, 2015)



**Figura 2. Matriz por tipo de Energía**  
 Fuente: (DGE, 2015).



**Figura 3. Matriz Energética en Honduras**  
 Fuente: (DGE, 2015).

### 2.3.1 Situación del subsector Electricidad en Honduras

El sistema de energía eléctrica de Honduras está basado principalmente en generación hidroeléctrica, biomasa y combustibles líquidos (motores diésel de velocidad media en su mayoría), pero está experimentando una creciente participación de las energías renovables variables. El sistema es operado por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), integrada verticalmente hasta 2013, la cual es propietaria de una porción significativa de la capacidad de generación hidroeléctrica, mientras que la generación térmica es en su mayoría de propiedad privada (ENEE, 2014).

La red de transmisión de Honduras consiste de una red principal de 230 kV que conecta los centros de generación del sur con los centros de carga alrededor de la capital Tegucigalpa y el norte industrial alrededor de San Pedro Sula, y redes de 138 y 69 kV que conectan el resto del país. El sistema de generación y transmisión de Honduras es parte del Sistema Interconectado de América Central, el SER, y está conectado a sus vecinos Guatemala, El Salvador y Nicaragua en el nivel de 230 kV. La línea SIEPAC, que permite transferencias de potencia a través de toda América Central, atraviesa Honduras en el sur, adicionalmente conectando la subestación Agua Caliente a Nicaragua y El Salvador (Empresa de Energía Eléctrica).

### 2.3.2 Potencial disponible para generación eléctrica con fuentes renovables

Honduras presenta un alto potencial disponible para generación hidroeléctrica (Ver Tabla 1), al igual que Guatemala (Proyecto ARECA, 2010).

Tabla 1. Potencial Disponible de recursos de generación eléctrica

<b>Tipo de Tecnología</b>	<b>Potencial Disponible (MW)</b>
Hidroeléctrica	5,000
Geotérmica	120
Biomasa	395
Solar	1,800
Eólica	200

Fuente: (BCIE, ARECA, 2010)

Actualmente Honduras está atravesando por un aumento bastante significativo de las plantas eólicas y fotovoltaicas instaladas (Ver Tabla 2), aproximadamente 700 MW para un sistema de potencia máxima de 1,600 MW para finales de 2015.

Tabla 2. Capacidad de plantas eólicas y Fotovoltaico actualmente en operación en el país

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Capacidad</b>
Llanos del Sur	FV	14 MW
Fotersa	FV	20 MW
Marcovia	FV	35 MW
Nueva Nacaome	FV	50 MW
Energías Solares	FV	7 MW
Los Prados	FV	10 MW
Generaciones Energéticas	FV	12 MW
Foto Sol	FV	5 MW
Fotovoltaica Surena	FV	12 MW
NVA Nacaome	FV	50 MW
Cinco estrellas	FV	50 MW
Choluteca I	FV	20 MW
Choluteca II	FV	30 MW
La Manzanilla	FV	22 MW
las Lajas	FV	12 MW
Los Pollitos	FV	20 MW
Soposa	FV	50 MW
Cohesa	FV	50 MW
Lufussa III Enerba	FV	20 MW
Mecer	FV	25 MW
Cerro de Hula	Eólica	124 MW
San Marcos	Eólica	51 MW
Chichayote	Eólica	45 MW
Total		734 MW

Fuente: (Banco Mundial, 2016)

Cabe destacar que la concentración de estas energías de potencia variable es también potencialmente problemática, debido a los huecos de tensión por fluctuaciones que se espera que sean altas ya que los cambios en la disponibilidad solar y eólica no se suavizan por la distribución espacial, en vista de que toda la esta generación se encuentra concentrada en la zona sur del país, incrementando el flujo en la conexión norte-sur de 230 kV (Banco Mundial, 2016).

### 2.3.3 Cobertura del servicio de energía eléctrica en Honduras

Según la ENEE, para diciembre de 2014, el Índice de Cobertura a nivel nacional alcanzaba aproximadamente 92% (Ver Tabla 3). El 51.3% de los municipios del país muestran un Índice de Cobertura superior al 90% que forman un total de 1, 581,917 clientes conectados (ENEE, Cobertura del servicio de Energía Eléctrica, 2014). (Ver tabla 4).

Tabla 3. Índice de electrificación en Honduras por departamento

<b>Departamentos</b>	<b>Índice (%)</b>		
Atlántida	92.03	Intibucá	86.46
Colón	94.42	Islas de la Bahía	98.98
Comayagua	98.83	La Paz	60.52
Copán	91.73	Lempira	79.37
Cortés	99.86	Ocotepeque	89.86
Choluteca	80.07	Olancho	74.49
El Paraíso	82.21	Santa Bárbara	83.17
Francisco Morazán	98.28	Valle	93.74
Gracias a Dios	54.33	Yoro	96.97
		Intibucá	86.46

Fuente: (ENEE, 2014)

Tabla 4. Clientes considerados para la cobertura eléctrica por empresas distribuidoras

<b>Empresa</b>	<b>Clientes</b>	<b>Participación (%)</b>
ENEE	1,557,423	98.45
RECO	16,030	1.01
BELCO	3,197	0.20
MUNICIPALIDAD DE UTILA	1,751	0.11
INELEM Y OTRAS PLANTAS	3,516	0.22
<b>TOTAL</b>	<b>1,581,917</b>	<b>100.00</b>

Fuente: (ENEE, 2014)



#### 2.3.4 Situación actual de la isla de Guanaja

Las isla de Guanaja es uno de los municipios de Islas de la Bahía y se encuentra ubicada al Norte de Honduras (Ver Figura 4); tiene las siguientes características: área superficial 50.10 km<sup>2</sup>, población: 5,595 habitantes, densidad poblacional: 111.67 hab/km<sup>2</sup> (INE, 2016)



**Figura 4. Isla de Guanaja**

Fuente: (Google Earth, 2014).

La economía de Guanaja es muy variada y se basa principalmente en: La pesca, empresas camaroneras, turismo (hoteles, restaurantes, transporte, discotecas, escuelas de buceo, etc.). La isla cuenta con los servicios básicos como: agua potable, escuelas y colegios, supermercados, energía eléctrica, televisión pública y por cable e internet (BID, 2015).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Turismo, aproximadamente 200,000 turistas visitan Islas de la Bahía anualmente por su belleza natural. Estas visitas contribuyen con la economía del país pero al mismo tiempo incrementan con el consumo de combustibles fósiles. Los altos costos de la electricidad se han convertido en una gran barrera para la competitividad del turismo en la isla de Guanaja. Esto ha afectado el desarrollo de nuevos proyectos de

infraestructura como por ejemplo los servicios de agua potable y tratamiento de aguas residuales, pues estos demandan mucha energía para su operación. Además, estos altos precios limitan el acceso a la electricidad de los grupos más vulnerables, afectando el bienestar social (BID, 2017).

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social, en la isla de Guanaja el 60 % de la población vive en la pobreza o extrema pobreza, la mayoría de estos grupos vulnerables son grupos étnicos afrodescendientes.

#### 2.4 Situación actual del servicio de energía eléctrica de la isla de Guanaja

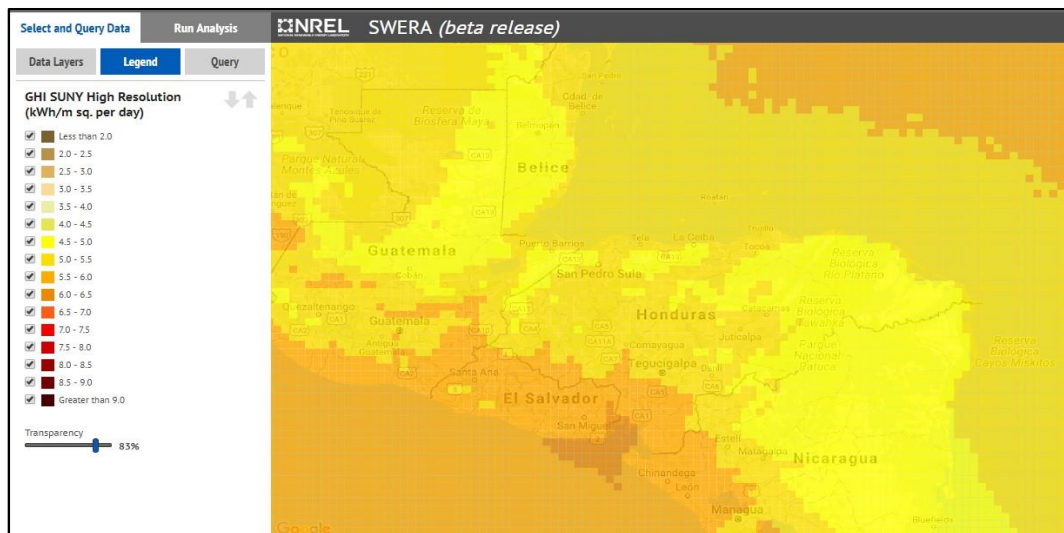
Actualmente la energía eléctrica suministrada en la isla de Guanaja es normalmente de la empresa Bonacca Electric Company (BELCO), cuyo contrato terminó en 2008. La empresa BELCO cuenta con 2 motores diésel que hacen una potencia instalada total de 1,250 kW con un consumo aproximado de 30,000 a 35,000 galones de diésel por mes. Se estima que la demanda máxima (pico de demanda) de la isla de Guanaja es de aproximadamente 1,100 kW (BID, 2016). La electricidad en la isla Guanaja se distribuye a través de un sistema eléctrico en 13.8 kV. BELCO es propietaria de la mayoría de las líneas de distribución, ya que en la isla hay también líneas de distribución privada, ambas con pérdidas del 6%. Los costos de electricidad son del orden de 0.41 USD\$/kWh, mucho mayor que el costo de la energía en tierra continental. Debido a los altos costos de la energía y la incertidumbre del servicio prestado por BELCO, la mayoría de comercios y hoteles cuenta con sus propios generadores (BID, 2017).

La ENEE no participa en el abastecimiento de energía eléctrica de las Islas de la Bahía pero la compañía distribuidora, en este caso BELCO, en concordancia con la Ley General de la Industria Eléctrica, la compañía de generación y distribución de la isla de Guanaja, es regulada por la CREE, anteriormente por la CNE.

#### 2.4.1 Estados de los recursos para la Energía Renovable en la Isla de Guanaja

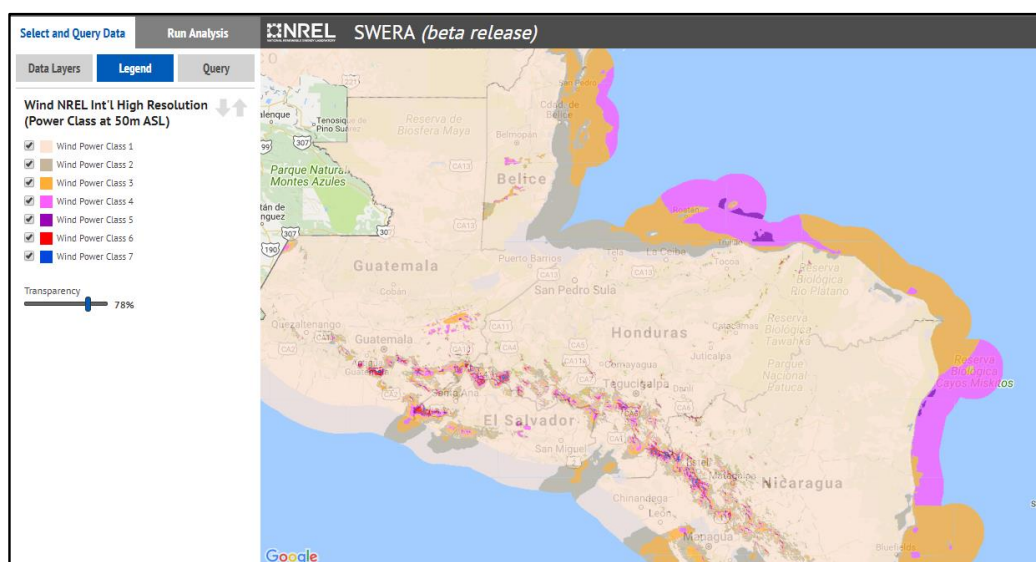
El Banco Interamericano de Desarrollo de los Estados Unidos (BID) ha realizado diferentes estudios, levantamientos y encuestas sobre el potencial energético renovable de la energía eólica y solar en la región de las islas de la bahía. A finales de octubre del 2016, con el financiamiento del BID, se concluyó con la instalación de tres torres de medición del recurso renovable en Roatán, Utila y Guanaja, cumpliendo con el estudio de identificación del potencial de energía renovable denominado Evaluación del Recurso Renovable en Islas de la Bahía. Esta cooperación se ejecutará a través del Proyecto ERIBA (Energías Renovables en Islas de la Bahía) financiada por el Fondo Nórdico para el Desarrollo (BID, Consultoría conjunta con la Organización Internacional, 2017).

La isla de Guanaja como otras islas del Caribe tiene un excelente recurso eólico. El mapa de vientos del país presentado en SWERA y que ha sido conducido por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) muestra que Guanaja y Roatán, sobre todo, están situadas en lugares geográficos con excelente recurso eólico (ver Figura 6). No hay información disponible sobre recurso solar en la isla de Guanaja, sin embargo, es conocido el hecho de que el departamento de Islas de la Bahía presenta un buen nivel de radiación solar fuente (RETS creen, 2017) (Ver Figura 5). Asimismo, no hay información pública disponible sobre potencial biomásico o hidroeléctrico.



**Figura 5. Recurso Solar en Honduras**

Fuente: (NREL, SWERA, 2016).



**Figura 6. Recurso Eólico en Honduras**

Fuente: (NREL, SWERA, 2016).

## 2.5 Teorías de Sustento

### 2.5.1 Análisis de las metodologías

El presente estudio se realiza con la metodología de identificación de la mejor opción de generación con fuentes renovables, comparando costos, para una demanda de energía

específica, utilizando el programa de simulación HOMER Energy, el cual realiza tres tareas principales: La cual se basa en la Simulación, Optimización y Análisis de sensibilidad (Guerra Baeza, 2013).

### 2.5.2 Antecedentes de las metodologías Software HOMER

La utilización de programas informáticos especializados para la modelación de sistemas energéticos proporciona una gran ventaja en cuanto al factor tiempo se refiere. Para la modelización de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica para el abastecimiento de plantas desaladoras en la isla de Guanaja, se ha seleccionado el software especializado HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables). Este es uno de los modelos de optimización para sistemas híbridos eléctricos con base en energías renovables desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos de América (NREL). HOMER es una útil herramienta capaz de modelar y comparar un sin número de opciones de diseño de sistemas energéticos renovables, basándose en sus características técnicas y económicas. En él se pueden evaluar el impacto de cambios en las variables de entrada, como cambios en la demanda, y proporcionar resultados en forma de tablas y gráficos (Okedu & Uhumnwangho, 2014).

### 2.5.3 Análisis crítico de las metodologías

El software Homer Energy basa su algoritmo de trabajo en tres tareas principales: la simulación, la optimización y un análisis de sensibilidad. El proceso de simulación determina como una configuración particular del sistema, una combinación de diferentes componentes de tamaños específicos y una estrategia operacional que define cómo esos componentes trabajan juntos, se comportaría en una escena dada en un periodo de tiempo (Fiscal Escalante, 2007)

## 2.6 Conceptualización

### 2.6.1 Concepto de Trabajo y Energía

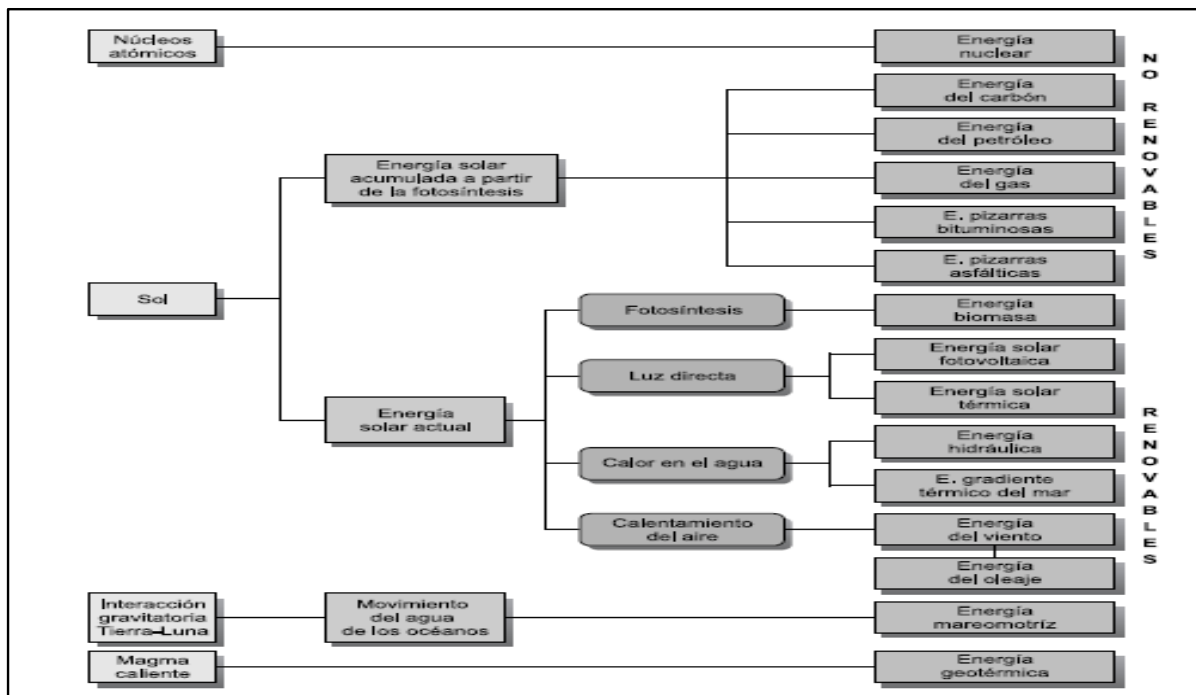
**Trabajo:** En mecánica clásica, se dice que una fuerza realiza trabajo cuando altera el estado de

movimiento de un cuerpo. El trabajo de la fuerza sobre ese cuerpo será equivalente a la energía necesaria para desplazarlo de manera acelerada. La unidad de la potencia es el Vatio (W) (Feynman, 1974)

**Energía:** Es la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para poder extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico. Teniendo en cuenta que trabajo y energía se expresan en las mismas unidades, en el Sistema Internacional la energía se mide en Julios (J) (Feynman, Richard, 1974).

**Energía Eléctrica:** Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. Su unidad de medida es el Watt-Hora (Wh) (Raymond, A. & Jewett, W.)

**Energías Renovables:** Se encuentran en la naturaleza en una cantidad ilimitada y, una vez consumidas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, frente a las fuentes convencionales, las energías renovables son recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo y siempre reversible (Ver Figura 7).



**Figura 7. Clasificación de las Fuentes Energéticas**

Fuente: (González, 2013).

**Energía Eólica:** La energía eólica no es más que la energía cinética de una masa de aire en movimiento. Su origen se encuentra en la existencia sobre la Tierra de masas de aire a diferentes temperaturas, originadas por diferentes intensidades de radiación solar, a nivel global o local, las cuales producen corrientes ascendentes y descendentes (Alvarez, 2006).

**Energía Solar:** Es la energía radiante procedente del Sol y que llega a la superficie de la Tierra (infrarrojo, luz visible y ultravioleta) (Guía de la Energía Solar, 2006).

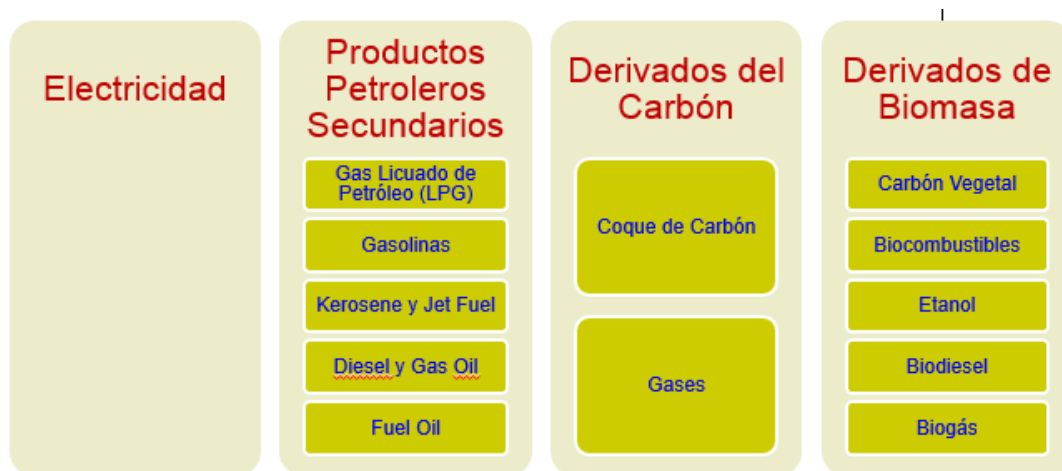
**Energía Hidráulica:** la energía hidráulica se obtiene a partir de cualquier masa de agua en movimiento. Tal puede ser el caso de la corriente de un río, como la corriente que discurre por un tubo originada por una diferencia de altura entre dos pantanos. En ambos casos, la energía potencial del agua se transforma en energía cinética, y ésta es la aprovechable. (PNUD, 2002).

**Energía de la Biomasa:** Es la energía solar almacenada en los seres vivos, vegetales o animales por medio del proceso de fotosíntesis (vegetales) y la digestión (comida) de estos vegetales por

los animales. Se trata, por tanto, de un pequeño porcentaje de la energía solar que llega a la Tierra. (González, 2013)

**Energía Primaria:** Fuentes de energía en su estado natural que no han sufrido ningún tipo de transformación mediante intervención humana.

**Energía Secundaria:** Son los productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de energía de fuente primaria o secundaria (Ver Figura 8) (Yunes A, 2012).



**Figura 8. Ejemplos de Fuentes Secundarias de Energía**

Fuente: (UNITEC, 2015).

## 2.7 Marco Legal Aplicable

### 2.7.1 Marco Legal asociado a la Normativa Ambiental y Explotación de Recursos Naturales en Honduras

Actualmente en Honduras existe la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA, ahora Mi Ambiente), quien es el encargado de lo concerniente a la formulación, coordinación y evaluación de las políticas relacionadas con la protección y aprovechamiento de los recursos hídricos, las fuentes nuevas y renovables de energía. La principal ley ambiental de Honduras es la Ley General del Ambiente, decreto legislativo 104-93. A continuación los segmentos asociados a la protección de recursos naturales y la degradación del ambiente:



**Artículo 1:** “La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social. El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico....”

**Artículo 3:** “Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno”.

**Artículo 5:** “ Los proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada, susceptible de contaminar o degradar el ambiente, los recursos naturales o el patrimonio histórico cultural de la nación, serán precedidos obligatoriamente de una evaluación de impacto ambiental (EIA), que permita prevenir los posibles efectos negativos” (Decreto 104-93, “Ley General del Ambiente”).

#### 2.7.2 Marco Legal del Subsector Electricidad en Honduras aplicado a los sistemas eléctricos aislados: Ley General de la Industria Eléctrica (Decreto 404- 2013)

Esta tiene como objeto regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad, la importación y exportación de energía eléctrica de acuerdo a lo establecido en los tratados internacionales, y la operación del sistema eléctrico nacional, incluyendo la relación con los sistemas eléctricos de los países vecinos (Banco Mundial, Análisis técnico-económico de penetración eólico y solar en Honduras, 2016, P. 17).

Con respecto al marco legal aplicable a los sistemas aislados, el decreto 404-2013 solamente hace énfasis, en los capítulos asociados a las funciones del operador del sistema y las tarifas, a la condición de sistemas no conectados: “Las empresas que operen sistemas eléctricos aislados deberán hacerlo aplicando sanas técnicas de ingeniería y toda normativa que al efecto emita la

Comisión Reguladora de Energía Eléctrica, CREE'' (La Gaceta No. 33,431, Decreto 404-2013, Capítulo IV, Artículo 9, P.9)

''Para los sistemas de distribución que no forman parte del Sistema Interconectado Nacional, serán las propias empresas distribuidoras las que deberán calcular anualmente los costos base de generación y proponerlos a la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), de conformidad con lo que disponga el Reglamento'' (La Gaceta No. 33,431, Decreto 404-2013, Capítulo II, Artículo 21)

### 2.7.3 Marco Legal sobre Programas de Incentivos y Exenciones Fiscales

El decreto 70-2007 aprobado por el Congreso Nacional que lleva como título ''Ley de la Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables'' contempla incentivos ofrecidos para la generación de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica a escalas de comercialización y los sistemas conectados a la red e incentivos adicionales.

La iniciativa expuesta surgió en las mesas de trabajo del sector energía, coordinadas por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y conformadas por la Secretaría de la Presidencia, la antigua Comisión Nacional de Energía (CNE), la Asociación Hondureña de Productores de Energía Renovable (AHPER), la Secretaría de Finanzas, el Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP), el Congreso Nacional y la Asociación de Municipios de Honduras (AMHON), entre otros, quienes contribuyeron en la realización de una propuesta de discusión en el Congreso Nacional.

La Ley abarca exoneraciones de impuesto sobre la venta, tasas, contribuciones, aranceles y derechos de importación para aquellos materiales, equipos, repuestos, partes, aditamentos o cualquier bien adquirido localmente o en el extranjero destinados o relacionados directamente con la infraestructura necesaria, para la generación.

#### 2.7.4 Exenciones Fiscales para los proyectos de generación con Energías Renovables

El artículo 2 de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Decreto 70- 2007) contempla una serie de privilegios de orden fiscal para las plantas de generación con recursos renovables, que incluye la exoneración del pago durante un limitado plazo temporal del (i) impuesto sobre la venta de equipos, materiales y servicios vinculados a la generación de energía renovable, (ii) impuestos, tasas, aranceles y derechos de importación, y del (iii) impuesto sobre la renta, entre otros (Banco Mundial, Análisis técnico-económico de penetración eólico y solar en Honduras, 2016).

A continuación un extracto del Decreto 70-2007:

“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 diez (10) años, contados a partir de la fecha de inicio de operación comercial de la planta, para los proyectos con capacidad instalada hasta 50 MW” (La Gaceta No. 31,422, Decreto 70-2007, Artículo 2, Numeral 3, P.2).

## CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

El estudio técnico y económico para la implementación de un sistema híbrido para abastecimiento de energía eléctrica en la isla de Guanaja se basa en el modelo de simulación establecido por el programa Homer Energy para centrales de generación eléctrica en sistemas aislados. Homer es un programa utilizado para evaluar el diseño de sistemas generación y es flexible en términos de la diversidad de sistemas que puede simular. Utilizando como parámetro de optimización un análisis económico, Homer funciona perfectamente para sistemas híbridos (Guerra Baeza, 2013).

HOMER es una herramienta que simula un sistema de generación eléctrica en operación mediante balances de energía para un funcionamiento equivalente de un año. El programa evalúa cada una de las posibles configuraciones de componentes en base a costos y dependiendo del ciclo de evaluación elabora una lista con los sistemas más convenientes. Además, permite realizar análisis de sensibilidad al observar como varían los resultados al realizar una modificación en los parámetros de entrada establecidos. Homer puede simular sistemas aislados o conectados a la red eléctrica e incluir en el análisis cualquier combinación de componentes como módulos fotovoltaicos (FV), aerogeneradores, mini-hidroeléctricas, motores-generadores y baterías de almacenamiento. Cuando un sistema contiene un banco de baterías de almacenamiento y una o más fuentes de generación, se requiere una estrategia de control, que determina cómo el sistema carga las baterías (Kreith, 2007)

El programa HOMER realiza tres tareas principales:

1. **Simulación:** Modela el rendimiento de un sistema generador particular para cada hora dentro de un año con el fin de determinar su factibilidad técnica y su costo total.

2. **Optimización:** Simula diferentes configuraciones de sistemas en busca de aquella que cumpla con los requerimientos técnicos al menor costo en el ciclo de vida.
3. **Análisis de sensibilidad:** Realiza optimizaciones bajo un rango de parámetros de entrada con el fin de disminuir la incertidumbre respecto a su evolución en el tiempo.

Parámetros de la simulación: hay tres parámetros de entrada necesarios para realizar la simulación: 1) Las cargas eléctricas o térmicas que el sistema debe satisfacer, 2) Los recursos energéticos disponibles ya sean renovables o convencionales y 3) Los componentes del sistema.

**Las cargas:** hacen referencia a la demanda eléctrica o térmica que debe satisfacer un sistema, esta sección será desarrollada a través de la estimación de un perfil de demanda específico para Guanaja.

**Recursos:** Los recursos se refieren a todo aquello que es exterior al sistema de generación que es utilizado para generar energía eléctrica por el sistema. Los recursos pueden ser renovables o convencionales, dentro de los cuales se considera: 1) Recurso solar, 2) Recurso eólico, 3) Recurso hídrico, 4) Biomasa, 5) Combustible

Los recursos renovables y/o convencionales disponibles en una localidad específica afectan directamente el comportamiento de un sistema de generación, dado que determinan la cantidad de energía eléctrica que el sistema es capaz de producir. Los recursos son elementos esenciales a la hora de simular un sistema de manera correcta.

**Recurso solar:** depende fuertemente de la posición geográfica y del clima de una localidad. Para poder modelar un sistema de generación que contenga un arreglo fotovoltaico, es necesario ingresar al programa datos del recurso solar de una localidad en específico. Los datos de recurso solar indican la radiación global incidente (radiación directa del sol, más la radiación difusa) que llega a la superficie en un determinado año (Energías Renovables, 2008).

**Recurso eólico:** depende de patrones de circulación atmosférica además de factores geográficos. Para poder modelar un sistema de generación que contenga una turbina eólica, es necesario ingresar al programa datos de velocidad de viento mensuales (Moragues & Rapallini, 2003).

**Combustible:** Se deben ingresar las propiedades físicas de los combustibles que se utilizan como recurso para la generación eléctrica. Las propiedades que se deben ingresar son: Densidad, poder calorífico inferior (LHI), contenido de carbono, contenido de azufre.

### 3.2 Etapas del estudio técnico

El estudio técnico tiene dos etapas: 1) **Determinación de un perfil de demanda:** se inició con los datos de los levantamientos de carga instalada realizado por el Fondo Social de Desarrollo (FOSODE) y es necesario tomar una muestra sobre los hábitos y horarios de mayor consumo, estacionalidad y factores de carga de los principales consumidores de la comunidad conectados a la red de distribución de la isla. 2) **Evaluación de los recursos renovables con los que cuenta la isla:** se utilizó parcialmente los datos del levantamiento efectuado por el proyecto Desarrollo de Energía Renovable en Islas de la Bahía (ERIBA) y fuentes internacionales de potencial energético de los recursos renovables para el departamento de Islas de la Bahía obtenidos mediante varios programas computacionales (SWERA, RETSCREEN, HOMER).

Partiendo de la disponibilidad de recursos con los que cuenta la isla se estableció el esquema principal que tiene el sistema híbrido. Se propuso un sistema que resultara más económico que los determinados por otros estudios, por lo cual se evaluó únicamente las tecnologías de generación solar FV, eólica y térmica (diésel), dejando por fuera los sistemas de almacenamiento de energía que fueron propuestos dentro del proyecto ERIBA. Por medio del software Homer se determinó cuál combinación de tecnologías y en qué proporción resultó más viable para los objetivos que se persiguieron, es decir, proporcionar energía firme cuando la demanda lo requiera.

Para el estudio técnico es necesario que se establecieran los costos en los que incurrió la empresa generadora para producir cada unidad de energía. En el caso de las tecnologías de generación por medios renovables los mayores costos son de inversión inicial, pero en el caso de la generación térmica (diésel) se vuelve necesario determinar el costo que represente para la empresa generadora los barriles de diésel puestos en la isla para la generación de cada unidad de energía. Una vez determinados los costos para la generación, se estableció una tarifa, partiendo de la revisión del marco legal. Se determinó que elementos están involucrados en la tarifa que será aplicada dentro de la comunidad. Logrando modelar el esquema de tarifa se pudo determinar un periodo de retribución económica en el tiempo para la evaluación de la rentabilidad que tendrá el sistema.

Al final de los resultados de los estudios técnico y económico se determinó la viabilidad del proyecto, en comparación con el estudio actual del Proyecto ERIBA del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

### 3.3 Costos

Para fines prácticos, la simulación en HOMER se realizó con el objetivo de obtener una mejor solución desde la perspectiva económica, la cual es complementada posteriormente con criterios técnicos para obtener la mejor solución integral. Una vez finalizada la simulación se presentan los resultados obtenidos ordenados y con las respectivas consideraciones técnicas para cada tecnología. Los costos considerados son los siguientes: Costos de adquisición, costos de traslado, costos de instalación, costos de operación y mantenimiento.

### 3.4 Definición de las variables

En la siguiente tabla se plantean las variables correspondientes a la construcción del estudio técnico-económico de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica para la isla de Guanaja, lo cual resultó de la aplicación de la metodología de simulación de Homer Energy con el objetivo de abastecer de energía a la isla a un costo más económico y de forma más sostenible que el utilizado en la actualidad.

Las variables identificadas son: 1) Demanda de energía, 2) Costos de generación 3) Porcentaje de penetración y 4) Marco legal (Ver Tabla 5).

### 3.4 Enfoque y métodos

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo y el alcance es exploratorio y descriptivo, ya que se utilizó instrumentos con información levantada en la isla de Guanaja y se describieron las variables por medio de los resultados de la simulación.

Materiales: Aspectos físicos:

- Levantamiento de carga instalada en la isla de Guanaja realizado por el FOSODE.
- Datos de meteorología



- Empresa de Energía Eléctrica (ENEE)
- Otras bases de datos de libre acceso

Fuentes de consulta: 1) Libros y artículos de revistas: de estos se obtuvieron los fundamentos teóricos de los sistemas de generación eléctrica. 2) Apuntes académicos: Sobre todo consultados para el dimensionamiento de sistemas de generación de energía eléctrica con fuentes renovables. 3) Grandes generadores: Para realizar la estimación de los principales costos en los que incurre un nuevo generador tanto para tecnología renovable como para generación térmica.

### 3.5 Marco legal

1. Política energética de largo plazo y estrategia de desarrollo de bajo carbono.
2. Leyes de promoción adecuadamente reglamentadas
3. Normas y especificaciones adecuadas a las distintas tecnologías renovables
4. Modelo de incentivos (incluyendo tarifarios) adecuado para el desarrollo efectivo de cada tecnología renovable a promocionar, y que refleje sus beneficios
5. Estándares para tecnologías de energía renovable

### 3.6 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es de tipo exploratorio ya que se estudia la posibilidad de instalación de un sistema híbrido de energía que llene las necesidades energéticas de la población de la isla de Guanaja a un precio menor del que actualmente paga la comunidad.

- 3.6.1 Universo: 1,100 viviendas en el sector residencial, 1 industria camaronera, 5 hoteles, el universo fue igual a la muestra.

### 3.6.2 Unidad de análisis

El costo de la energía consumida sector por la comunidad de la isla de Guanaja.

### 3.7 Técnicas e instrumentos aplicados

Instrumentos: 1) Hoja Excel con información del circuito principal de distribución en la isla, 2) Instrumento de levantamiento físico de las cargas instaladas por comunidad, 3) Perfil de demanda de la isla

### 3.8 Fuente de información

1. Resultados del Proyecto ERIBA
2. Levantamientos realizados por el FOSODE.
3. Portales internacionales para evaluación del potencial energético de la isla.
4. Estudios de consultores independientes para la revisión del marco legal aplicable a una tarifa en sistema aislado
5. Productores nacionales de energía (Lufussa, CMI, Grupo Terra).

### 3.9 Limitantes de la investigación

1. Dada la lejanía de la isla (por tierra, mar o aire), se vuelve complicado realizar visitas de campo en la isla y los costos asociados son altos. Por lo que la investigación se hizo desde Tegucigalpa.
2. La simulación del estudio fue realizado en el software especializado Homer Energy con licencia de uso comercial no libre, es decir, con un costo económico asociado.

Tabla 5. Definición de Variables y Fuentes de información

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente de información y escala de medición.</b>
<b>Demanda de energía</b>	Es el consumo energético que requiere la Isla de Guanaja	Demanda de energía por comunidad	Potencia instalada. Factor de carga.	Instrumento de levantamiento físico de las cargas instaladas por comunidad
<b>Costos</b>	Es el costo económico según el tipo de energía producida (eólica, fotovoltaica, diésel)	Costo en los que incurrirá el generador.	Revisión del Marco legal  Revisión del precio en el mercado internacional de la tecnología usada  Costos de generación de cada tecnología.  Costos Financieros.	Marco Legal aplicable a Sistemas Aislados y Esquemas de Incentivos.  Pliegos Tarifarios.  Resultados de Homer Energy.  Estudios sobre costos de generación en el país.  Artículos internacionales sobre costos de generación para tecnologías renovables.
		Precio de venta del kWh generado.	Suma de todos los costos de operación totales  Estimación de Tarifa en sistemas aislados  Estimación de Margen de ganancia para que el proyecto sea rentable.	
<b>Porcentaje de penetración</b>	Es la distribución de energía eléctrica generada por sistema utilizado (eólica, fotovoltaica y diésel)	Demanda a suplir y necesidad de Potencia Firme.	Perfil de demandas de la comunidad kW	Instrumento de Levantamiento físico de las cargas instaladas por comunidad.
		Energía Total Necesaria.	Revisión histórica del consumo eléctrico por comunidad	Evaluación Histórica de registros de Consumo.
<b>Marco legal</b>	Proporciona las bases sobre las cuales las instituciones construyen y determinan el alcance y naturaleza de la participación política	Dirección  Regulación  supervisión	Necesidades del mercado  Proyecciones de mercado  Ofertantes	Leyes energéticas existentes en el país.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

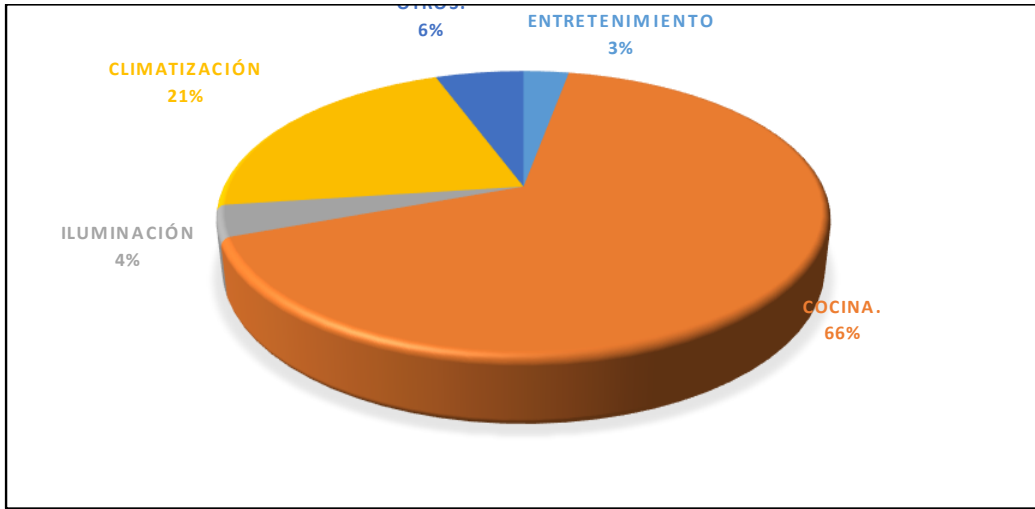
### **4.1 Estimación de la demanda de energía y determinación del factor de carga en la isla de Guanaja**

Para la estimación de la demanda de energía eléctrica en Guanaja fue necesario establecer un promedio de consumo para los tres principales rubros económicos presentes en la isla, estos son Residencial, Comercial/Turístico e Industrial. Se investigaron los hábitos de consumo energético de la comunidad con la colaboración de la alcaldía de Guanaja; además se utilizaron los datos del levantamiento de FOSODE para hacer una estimación del consumo de energía total.

#### **4.1.1 Cargas de Consumo Residencial**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la isla de Guanaja cuenta con aproximadamente 1,100 viviendas formales, es decir con un grupo familiar de 2 personas o más según datos obtenidos de la empresa BELCO el 20% de las viviendas (220) no son abonados de la central térmica y se autoabastecen con micro sistemas de generación híbridos o térmicos.

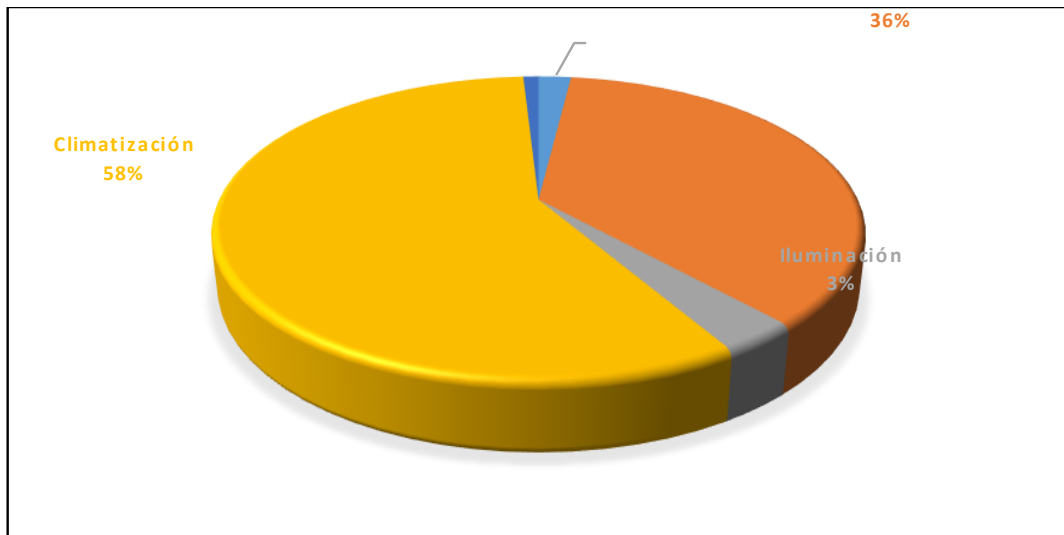
El consumo promedio mensual de las 704 viviendas restantes oscila entre 150 a 200 kWh, llamándosele ‘‘Viviendas de consumo promedio’’, a continuación se presenta las cargas típicas con que cuenta una de estas viviendas y la representación gráfica de los porcentajes de uso que le dan a la energía eléctrica (Ver Figura 9).



**Figura 9. Consumos Energéticos para una vivienda promedio en Guanajuato.**

Fuente: Elaboración Propia con datos de la Alcaldía de Guanajuato.

El 20% viviendas restantes (220) mantuvieron un consumo promedio superior, es decir viviendas con un consumo promedio por encima de 500 kWh, la diferencia en los hábitos de consumo de cada tipo de vivienda fue necesario segregarlos y modelar un perfil de demanda para cada uno se sumaron los datos obteniéndose el consumo total de energía eléctrica de las viviendas residenciales presentes en la isla (Ver Figura 10).



**Figura 10. Consumos Energéticos para una vivienda de consumo superior en Guanajuato.**

Fuente: Elaboración Propia con datos de la Alcaldía de Guanajuato.

## **Cargas de Consumo Comercial / Turístico**

No fue posible obtener información sobre los hábitos de consumo del rubro comercial o turístico en la isla, por lo que para estimar el consumo de energía de este sector se tomaron como base los hábitos de consumo de un hotel ubicado en la isla Kish en Iran, estos datos se obtuvieron del artículo "Feasibility of satisfying electrical Energy needs with Hybrid System for a medium-size hotel on Kish Island, Iran" (Fazelpour, 2014), se usaron datos del INE para establecer el tamaño de los 5 hoteles con los que cuenta la isla de Guanaja y de este modo hacer la estimación de consumo eléctrico.

### **4.1.2 Cargas de Consumo Industrial**

De acuerdo con información proveniente de la empresa BELCO, solamente existe una industria en la isla de Guanaja esta es una planta de crianza de camarones y otros mariscos, y tiene una operación estacional, pero para efectos de este estudio se consideró que trabaja constante durante todo el año para efectos de la estimación de la curva de demanda a suplir.

De la misma fuente se determinó que esta empresa es forzada a realizar sus operaciones de mayor consumo energético en un horario nocturno, típicamente de 9 pm a 6 am para mantener criterios de confiabilidad de los generadores térmicos de BELCO y asegurando así el suministro eléctrico de la isla. Durante este periodo de tiempo la empresa camaronera se mantiene en un régimen de consumo que varía desde 160 a 200 kW y su demanda máxima nunca ha superado los 225 kW en ningún momento en jornadas diurnas bajan su nivel de consumo no superando los 40 kW durante el resto del día. Por lo tanto, se estimó una curva de demanda que se acople a estos hábitos de consumo y que reflejen la energía eléctrica que factura la empresa actualmente.

#### 4.2 Perfil de demanda total en la isla de Guanaja

De la suma de las curvas de demanda anteriores se obtuvo un perfil resultante, cabe destacar que para este estudio se asumió que el perfil de demanda será el mismo para todos los meses del año, a pesar de que las cargas industriales solamente aparecen estacionalmente. Sumado a lo anterior se asumió que las cargas obedecen a un factor de coincidencia del 60%, este valor indica el porcentaje total de aparatos eléctricos en la isla que podrían estar encendidos al mismo tiempo para los sectores residencial, comercial e industria. En la tabla 6 se presentan los consumos energéticos y demanda horaria de la isla, posteriormente se muestran un gráfico con los perfiles de demanda que se explicaron (Ver Figura 11).

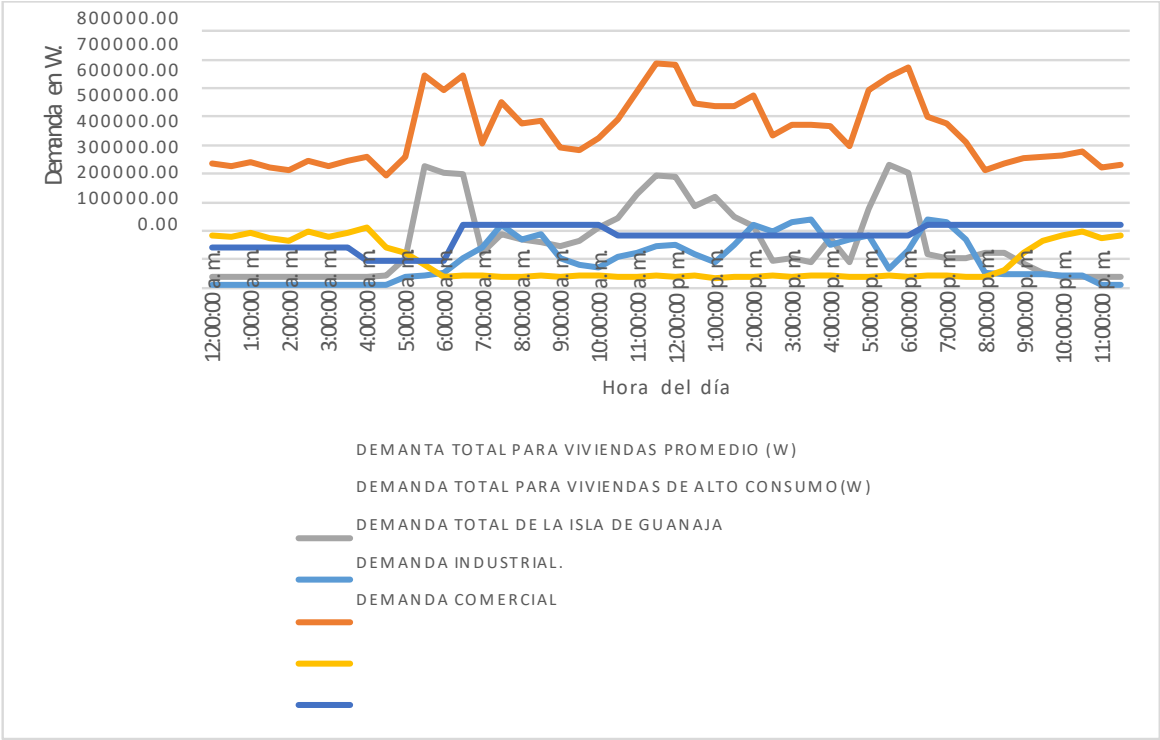
Tabla 6. Demanda y energía consumida promedio por hora en la isla de Guanaja

<b>HORA</b>	<b>DEMANDA PROMEDIO POR HORA (kW)</b>	<b>HORA</b>	<b>DEMANDA PROMEDIO POR HORA (kW)</b>
<b>1:00</b>	432.316	<b>13:00</b>	638.508
<b>2:00</b>	430.316	<b>14:00</b>	604.176
<b>3:00</b>	434.816	<b>15:00</b>	569.54
<b>4:00</b>	425.7568	<b>16:00</b>	532.556
<b>5:00</b>	612.5016	<b>17:00</b>	716.304
<b>6:00</b>	717.724	<b>18:00</b>	717.356
<b>7:00</b>	578.408	<b>19:00</b>	541.7432
<b>8:00</b>	581.736	<b>20:00</b>	423.376
<b>9:00</b>	486.788	<b>21:00</b>	456.884
<b>10:00</b>	557.996	<b>22:00</b>	470.816
<b>11:00</b>	762.936	<b>23:00</b>	427.316
<b>12:00</b>	739.676	<b>0:00</b>	430.400

Fuente: Elaboración Propia con datos de la Alcaldía de Guanaja.

Con estos datos se puede decir que la isla tiene una demanda promedio 559.1 kW y una demanda promedio máxima de 762.9 kW, dando como resultado un factor de carga del 67 %, es decir que el ratio entre la demanda promedio por hora y la demanda máxima registrada para todas las cargas durante el mismo lapso de tiempo es equivalente a este valor. Se determinó que

la isla tiene un consumo de energía eléctrica de 13,194 kWh/día, lo que significa que el sistema de generación a implementar deberá suplir aproximadamente 4.816 GWh/año.



**Figura 11. Perfil de demanda de la isla de Guanaja.**

Fuente: Elaboración Propia con datos de la Alcaldía de Guanaja.

4.2 Estimación de los costos de instalación y puesta en marcha de cada tecnología de generación considerada dentro del sistema híbrido para Guanaja

Se determinó el valor de la inversión inicial de cada una de las tecnologías de generación eléctrica que fueron tomadas en consideración en el software de optimización HOMER ENERGY. a partir de ahí se escogió la solución que representó el mejor costo-beneficio siempre tomando en consideración aspectos de sostenibilidad y como norte principal suplir la demanda energética de la Guanaja a precios menores que los actuales como supuesto inicial. Para la estimación de costos de inversión inicial, financiamiento, gestión y administración se utilizaron artículos internacionales y la base de datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables



(IRENA), lo anterior para efectos de hacer el estudio de rentabilidad económica respectivo que describirá el sistema que se implemente.

#### 4.2.1 Principales costos de la tecnología de generación eólica en tierra firme

De acuerdo con el estudio de IRENA del 2015 ‘‘Renewable Generation Cost’’, los costos de inversión inicial de esta tecnología han experimentado un decrecimiento porcentual lineal entre 2010 a 2015, de este modo de este artículo se tomaron valores extrapolados hasta hasta el 2030 para desglosar y estimar los costos por kilowatt instalado de una central eólica en la isla de Guanaja. Además se comparó con un ejemplo citado en el capítulo 4 del mismo artículo que trata sobre el montaje de una central de generación eólica de 20 MW en México, los resultados de la estimación fueron los siguientes (Ver Tabla 7):

Tabla 7. Costos de inversión inicial de las centrales eólicas en tierra firme

<b>Actividad.</b>	<b>USD / kW instalado</b>
Medición y evaluación del recurso Eólico	4.5
Obras civiles de las turbinas en tierra firme.	407.5
Costos de construcción.	15.5
Indemnizaciones y costos indirectos.	55.5
Alquiler de terrenos.	8.5
Costo de las turbinas eólicas.	1032
Transporte y aduanas	113.5
Infraestructura eléctrica y conexión a red.	287
Costos de gestión y manejo de proyectos.	213
<b>Total</b>	<b>2,137.00 USD/ kW</b>

Fuente: IRENA, 2015

#### 4.2.2 Principales costos de la tecnología de generación solar fotovoltaica

Se usó la misma fuente para la determinación de los costos de la tecnología solar y usando las mismas bases de datos de IRENA, en la tabla 8 se describen los principales costos de inversión inicial que presenta esta tecnología:

Tabla 8. Costos de inversión inicial de las centrales fotovoltaicas

<b>Actividad</b>	<b>USD / kW instalado</b>
Medición y estudio del recurso solar.	300.
Costo de módulos solares policristalinos.	550
Costo de inversores.	410
Montajes y obras civiles.	135
Instalación y conexión a red eléctrica.	210
Gestión y administración de proyectos.	748
Total	2,353 USD/kW

Fuente: Base de datos de IRENA, 2015.

Cabe destacar que la tecnología solar fotovoltaica mantiene sus costos con una tendencia a la baja por lo cual es necesario actualizarlos recurrentemente.

#### 4.2.3 Principales costos de los sistemas de almacenamiento de energía por medio de baterías

IRENA (2017) establece los principales costos de adquisición de los diferentes sistemas de almacenamiento. para este estudio se tomará en consideración como alternativa de almacenamiento únicamente las baterías de plomo-ácido con una densidad de energía no menor a 100 Wh/L y una densidad de potencia de aproximadamente 800 W/L. los costos de adquisición y montaje de este tipo de bancos de baterías se describen en la tabla 9:

Tabla 9. Costos de inversión inicial de un sistema de almacenamiento a base de baterías de plomo-ácido.

<b>Actividad</b>	<b>USD / kW instalado</b>
Adquisición de baterías Plomo-Ácido	170
Costo por montaje e instalación	28
<b>Total</b>	<b>198.00 USD/kW</b>

Fuente: Bases de datos IRENA, 2017.

#### 4.2.4 Principales costos de los sistemas de generación térmica que utilizan combustible diésel

Los costos de inversión inicial de un generador diésel se obtuvieron a partir de datos de distribuidores autorizados en el país de marcas reconocidas de paquetes de generadores, tomando como referencia la marca y tipo de los generadores que actualmente están instalados en Guanaja y que son propiedad de BELCO (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Costos de inversión inicial de un generador térmico a partir de diésel

<b>Actividad.</b>	<b>USD / kW instalado.</b>
Costo del Genset (Motor-Generador)	142.5
Costo por montaje e infraestructura de instalación.	41.00
Costo de la infraestructura eléctrica, protecciones y conexión a la red de distribución.	69.65
<b>Total</b>	<b>253.15</b>

Fuente: Bases de datos Caterpillar Co., 2017.

#### 4.2.5 Costos de operación y mantenimiento para cada tecnología del sistema híbrido

Los costos de Operación y Mantenimiento (O y M) fueron obtenidos a partir de la base de datos de IRENA, y la Agencia Internacional de Energía (IEA). Estos son presentados en base a un costo por unidad generada es decir USD/kWh aplica para el caso del sistema de almacenamiento

que fue tomado en consideración, solamente que para este último el costo de O y M es presentado como USD/kW instalado.

1. Costo operación y mantenimiento de las centrales eólicas en tierra firme: 0.014 USD/kWh.
2. Costo operación y mantenimiento de las centrales solares fotovoltaicas: 0.008 USD/kWh.
3. Costo operación y mantenimiento del sistema de almacenamiento: 10.00 USD/kW/año.

Para el caso de la central térmica a base de diésel, el valor de operación y mantenimiento viene determinado en la hoja de datos técnicos que proporciona el fabricante del motor CAT3412C (Caterpillar, 2016). El costo operación y mantenimiento de una central térmica a base de combustible diésel es 6.00 USD/hora bajo condiciones de funcionamiento nominales.

El valor anterior no considera el costo del diésel puesto en la isla de Guanaja, la evaluación de este último costo se hará mediante un análisis de sensibilidad dentro de la metodología HOMER Energy en el siguiente apartado.

#### 4.3 Diseño del sistema de generación híbrido y determinación del porcentaje de penetración de energía renovable en la matriz energética de la isla de Guanaja

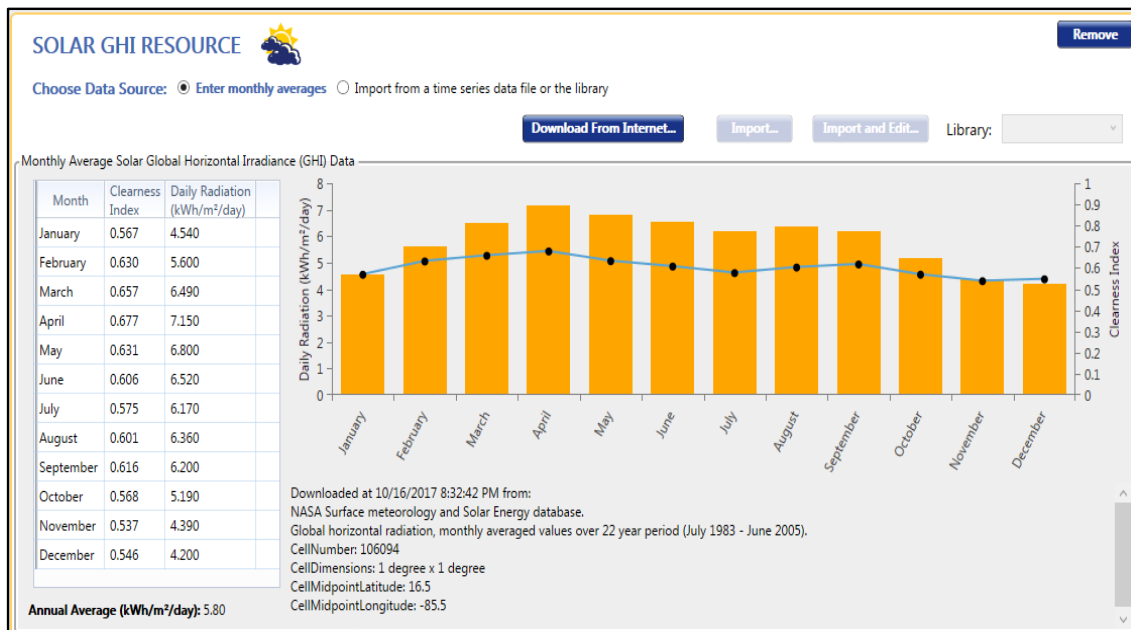
Se utilizó la herramienta HOMER Energy para el diseño de un sistema de generación híbrido para suplir la demanda de electricidad de la isla de Guanaja que obedece al perfil de carga que fue presentado en el apartado I de este capítulo. El software de diseño Homer se alimentó con los siguientes datos de entrada:

#### 4.3.1 Datos generales de la isla de Guanaja

Se introdujeron datos de localización y coordenadas geográficas del sitio, el sistema será instalado en el sector no habitado de la isla que se llama Savannah Bight; se introdujo el valor de la tasa de descuento del 12% acorde al ambiente económico de la región para efectos de optar a una fuente de financiamiento, la tasa de inflación supuesta a la fecha es del 2% y la vida útil que tendrá el sistema de generación híbrida será de 25 años, estos 3 datos sirvieron de base para el estudio económico realizado.

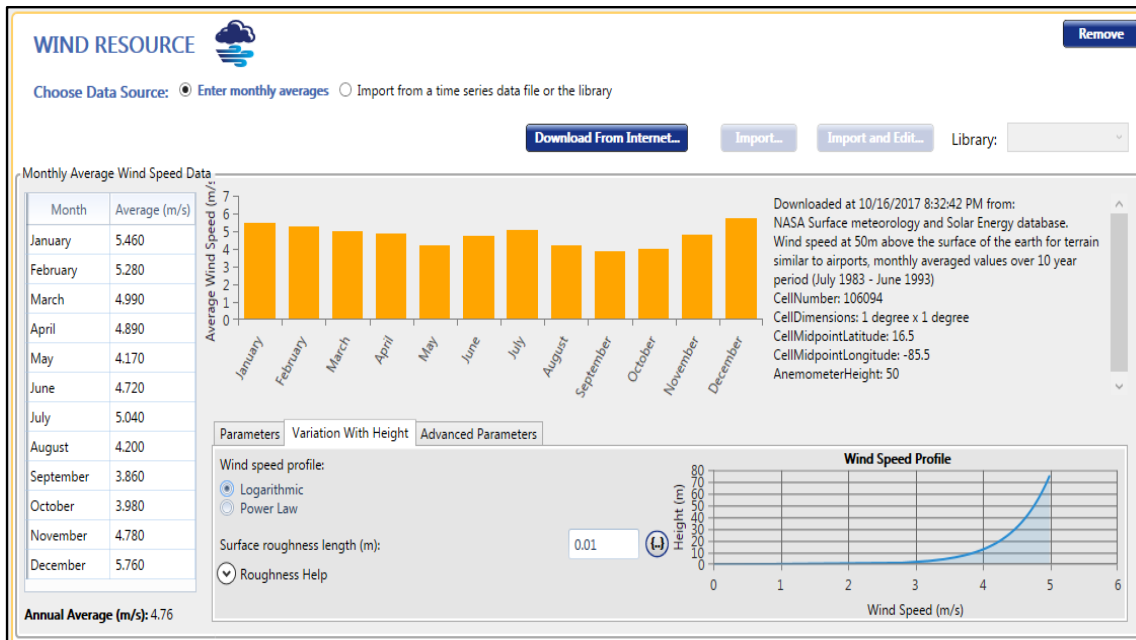
#### 4.3.2 Hoja de potencial de recursos disponibles con los que cuenta la isla de Guanaja.

Los datos del potencial energético de los recursos renovables con los que cuenta la isla se tomaron de las bases de datos del Laboratorio de Energías Renovables de la Nasa (NREL) y del proyecto SWERA se consideraron los siguientes tipos de datos: Promedio mensual de irradiación solar horizontal, perfil de velocidad de vientos, densidad y rosa de vientos de la zona y promedio mensual de velocidad de viento a altura de buje lo anterior se ilustra en las tablas 12 y 13:



**Figura 12. Hoja del potencial del recurso solar en la localidad Savannah Bight.**

Fuente: NREL, 2017.

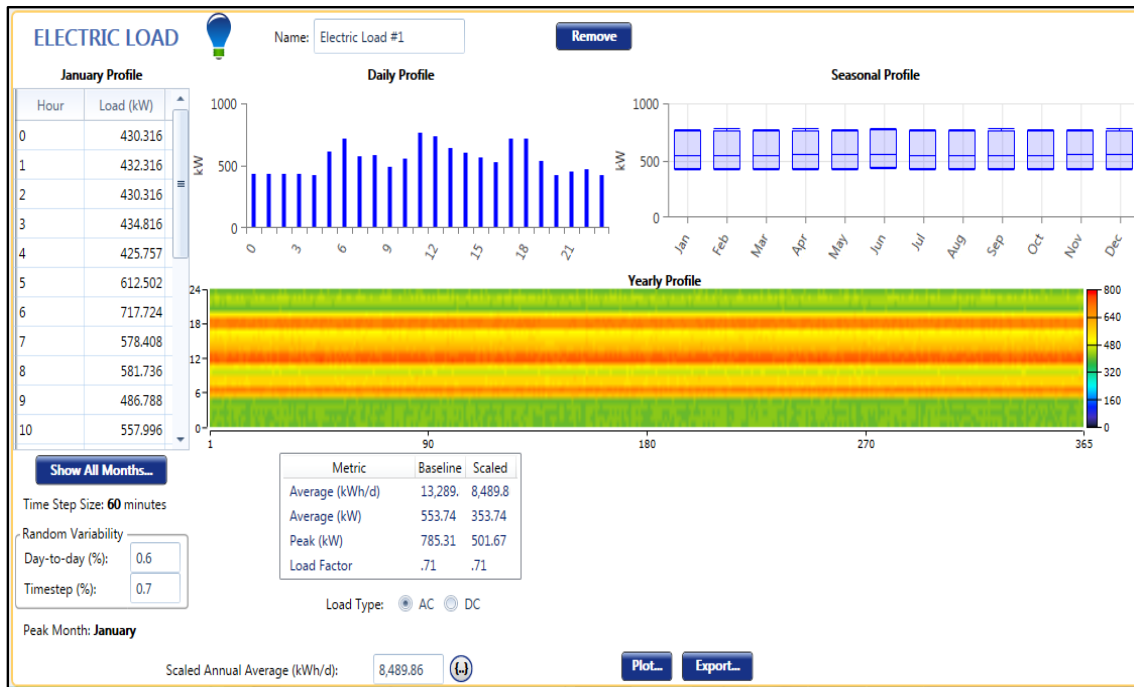


**Figura 13. Hoja del potencial del recurso eólico en la localidad Savannah Bight.**

Fuente: NREL, 2017.

#### 4.3.3 Perfil de carga de la isla de Guanaja

El perfil de carga que fue estimado fue introducido en el software junto con otros datos como el factor de carga y valores promedio mensuales, la estimación de carga se realizó para un mes en particular, el software permite modelar un sistema de abastecimiento para una curva de demanda estacional o anual, en la medida que esta curva se ajuste a las necesidades energéticas de la isla, el diseño a implementar será óptimo (Ver Figura 14).



**Figura 14. Hoja de la característica de carga de Guanaja dentro del software HOMER.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la alcaldía de Guanaja.

#### 4.3.4 Tecnologías de generación que fueron consideradas y principales criterios de Diseño

En esta etapa se definieron las tecnologías de generación renovables y no renovables a considerar dentro del modelo de optimización que establece HOMER, así mismo se definieron rangos de búsqueda para diferentes valores de potencia instaladas lo anterior con el objetivo de que el programa determine cual combinación o distribución de tecnologías permitirá abastecer de una manera óptima las necesidades de electricidad de la comunidad de la isla de la forma más económica, todo esto en base al perfil de carga analizado anteriormente.

Los criterios básicos preliminares tomados en consideración para la determinación de los rangos de búsqueda fueron:

1. que el porcentaje de energía térmica no fuera menor al 50% de la demanda promedio mensual de Guanaja y

2. que el porcentaje de penetración de energía renovable no fuera menor del 30%, es decir que por lo menos este porcentaje de energía eléctrica generada sea libre de carbono.

Las tecnologías que fueron consideradas y sus rangos de búsqueda se muestran en la tabla 11:

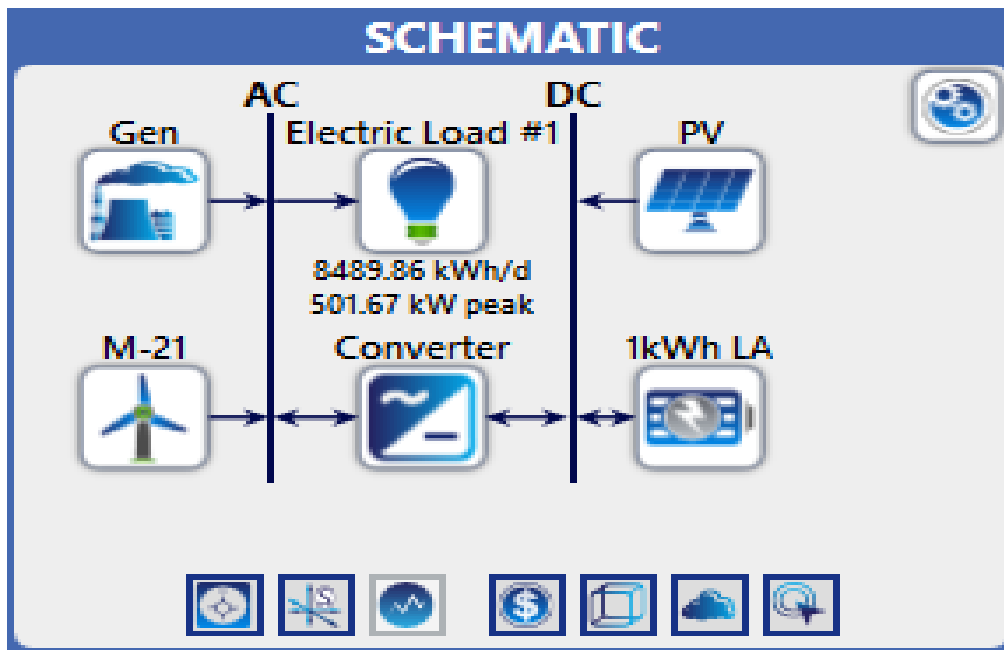
Tabla 11. Rangos de búsqueda sobre la potencia instalada de cada minicentral de generación

<b>Generador Diésel (kW)</b>	<b>Generador eólico (kW)</b>	<b>Generador solar FV (kW)</b>	<b>Sistema de almacenamiento (kW)</b>
-----	0	0	-----
-----	100	100	100
-----	200	200	200
300	300	300	300
400	400	400	400
500	500	500	500
600	600	600	600
700	700	700	700
800	800	800	800

Se agregó un sistema controlador de carga para definir la filosofía de despacho de energía generada para este caso se utilizará el modo "Load Following" o seguimiento de demanda, es decir el generador diésel y el banco de baterías se alternarán para cumplir con la demanda de electricidad de la isla, por su parte la generación eléctrica con recursos renovables tendrán como prioridad cargar el sistema de almacenamiento de energía.

Por último fue necesario introducir en el diseño un sistema inversor para que toda la energía generada sea aprovechada a través de un bus en corriente alterna, este tendrá como mínimo el mismo tamaño en kW que la cantidad de potencia del banco de baterías, lo anterior debido al ciclo de despacho que será utilizado, para este caso la energía solar fotovoltaica tiene como prioridad cargar el sistema de almacenamiento (Ver Figura 15).





**Figura 15. Diagrama esquemático del sistema de generación híbrido para la isla de Guanaja.**

Fuente: Elaboración propia por medio de Homer Energy.

#### 4.3.5 Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento

Por medio del software Homer Energy se realizó una evaluación económica trasladando al valor actual todos los costos en los que incurrirá el sistema durante su vida útil, esto es vital para que dentro del diseño se tomaron en consideración factores como los costos de operación de cada unidad generadora, por ejemplo si determinado componente del sistema presenta costos de operación demasiado altos a lo largo de su vida útil el programa propondrá reducir el porcentaje de participación de esa tecnología en específico dentro del diseño final. A continuación se listan los costos principales con que se alimentó el software y las unidades en que son consideradas en el mismo (Ver Tabla 12):

Tabla 12. Costos introducidos en HOMER Energy para evaluación económica

Componente del sistema	Descripción de costos	Valor en USD
Generación Eólica.	Inversión Inicial.	2,137.00 USD/kW
	Operación y Mantenimiento	80 USD/ kW/ año.
Generación Fotovoltaica	Inversión Inicial	2,353 USD/kW
	Operación y Mantenimiento	65 USD/kW/año
Generación Diésel	Inversión Inicial	253.15 USD/kW.
	Operación y Mantenimiento (sin Combustible)	0.010 USD/kW/Hora de uso.
Sistema de Almacenamiento	Inversión Inicial	198.00 USD/kWh.
	Operación y Mantenimiento	10.00 USD/kWh/año.

Fuente: Elaboración propia con datos de IRENA (2017)

#### 4.3.7 Análisis de sensibilidad

El software define el análisis de sensibilidad como la variación que el programa mostrará en los resultados si hacemos un cambio en determinada variable dentro del modelado del sistema. Para este estudio se establecieron análisis de sensibilidad para tres variables que tienen que ver específicamente con el aprovechamiento de los recursos de generación de las tres tecnologías consideradas inicialmente, estas son las variables del análisis de sensibilidad en orden de la prioridad que les asignó:

1. **Generador Diésel:** El análisis de sensibilidad se aplicó al precio final de combustible en la isla, esto tiene como justificación que se debe contar con un amplio rango de fluctuación del precio internacional del diésel para ver cómo influyó la variación de este valor en nuestro sistema y la dependencia que tendremos de este recurso, el rango usado fue desde 0.85 USD/Litro hasta 1.50 USD/Litro (el precio inicial de 0.85 USD/litro es el costo del litro de diésel en cualquier gasolinera de Honduras en suelo continental para el mes de Octubre 2017 según la Comisión Administradora del Petróleo).

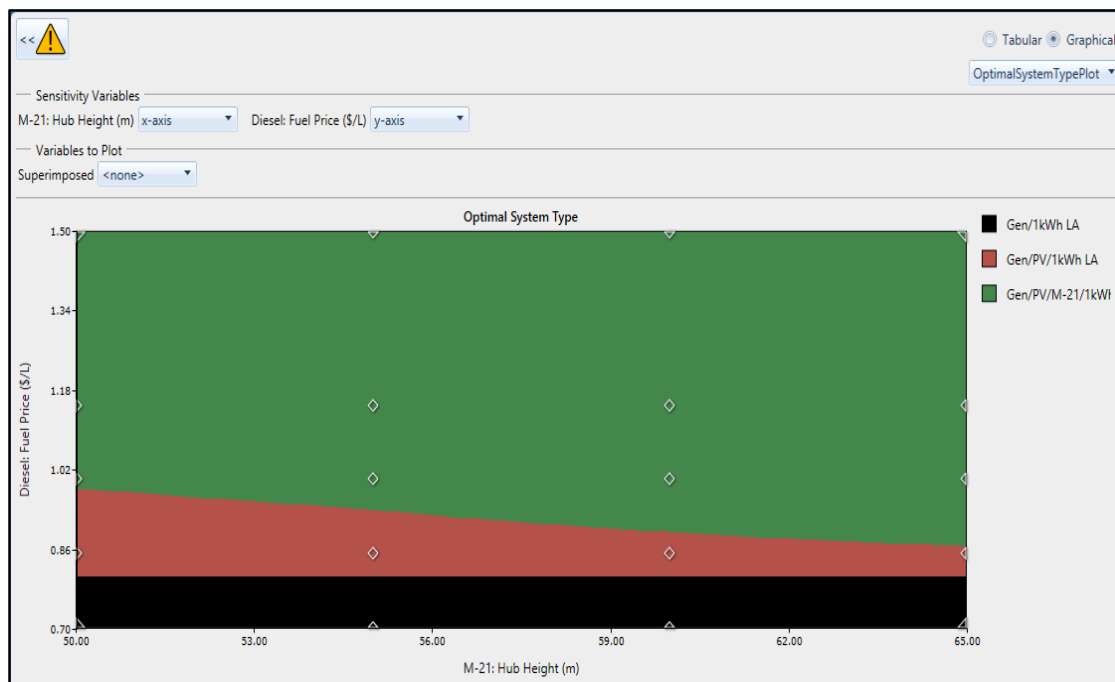
2. **Generación Eólica:** Como análisis de sensibilidad se definió la variación de la altura de buje que tendrán las turbinas eólicas, tiene como justificación el hecho que, según las tablas del recurso eólico de la isla de Guanaja este solo puede ser aprovechado de una forma atractiva técnicamente a partir de los 55 metros de altura, tal como se pudo observar en el perfil de velocidad de viento que se manejó desde el inicio, por lo cual se definió un rango de variación desde 50 hasta 70 metros de altura de buje.
3. **Generación Solar Fotovoltaica:** Para el caso de los módulos solares que fueron tomados en consideración el análisis de sensibilidad fue establecido para el factor de reflectancia del suelo (20% a 40%), así como para la tasa de degradación de los paneles (75% a 90%).

#### 4.4. Principales resultados obtenidos

Después de alimentar el software con los datos que fueron descritos en la sección anterior, se realizó una corrida de cálculos para que el programa arrojara todas las posibles configuraciones que podrá tener nuestra central de generación híbrida, producto de esto se obtuvo lo siguiente: Con los componentes, esquemas de costos y las variables que fueron consideradas para realizar un análisis de sensibilidad se logró obtener un total de 33,600 soluciones que pueden abastecer el perfil de carga modelado al inicio del capítulo. Además se le permitió al software que fuera capaz de obviar alguna de las tecnologías de generación, por ejemplo modelar un sistema de generación que sea capaz de alimentar nuestra demanda sin considerar generación solar o eólica por ejemplo.

Lo anterior descrito representa una matriz de soluciones posibles que nos permiten satisfacer nuestra demanda, a continuación se ilustra lo anterior descrito, en la gráfica siguiente se muestra que el eje x representa los valores posibles que puede tomar la altura de buje de las turbinas eólicas versus el costo actual de cada litro de combustible diésel para la generación

térmica. El gráfico nos muestra que, para valores de combustible diésel por debajo de 0.84 USD/Litro el software nos sugiere que suplamos nuestra curva de demanda sin utilizar generación eléctrica con fuentes renovables (franja negra). Así mismo puede notarse que HOMER nos da un margen de soluciones posibles sin tomar en consideración la energía solar FV dentro de nuestro diseño, sobre todo para precios de combustible diésel por debajo de 1.00USD/Litro (la franja se restringe a medida que aumenta la altura de buje). Por último la franja verde indica las soluciones que propone HOMER para suplir la demanda de la isla usando todas las tecnologías de generación que fueron consideradas, cabe notar la variación producto del cambio en la altura de buje de las torres eólicas (Ver Figura 16).



**Figura 16. Matriz de optimización de HOMER.**

Fuente: Elaboración propia a través de Homer Energy

Por medio de Homer se realizó un análisis de optimización, por medio del cual el software propone diferentes combinaciones sobre las diferentes capacidades a instalar para cada tecnología, es decir lo que se conoce como arquitectura del diseño, todo lo anterior se describe en la siguiente tabla que hace referencia al costo de generación por kWh (COE) y el porcentaje

de energía renovable que inyectaría cada diseño (Ver Tabla 13).

Tabla 13. Matriz de optimización de HOMER de acuerdo al análisis de sensibilidad definido

SOLUCIÓN PARA SUPLIR LA DEMANDA ELÉCTRICA DE GUANAJA	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO.					INVERSIÓN INICIAL TOTAL (USD)	COSTO DE GENERACIÓN (USD/KWH)	% DE PENETRACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.
	G. Eólica (kW)	G. Solar FV (kW)	Inversor (kW)	Almacenamiento (kW)	Generador Diésel (kW)			
COSTO DEL DIÉSEL= 0.85 USD/LITRO	200	200	200	100	560	1.19 M	0.263	19.4
COSTO DEL DIÉSEL= 1.00 USD/LITRO	300	500	500	600	560	2.38 M	0.296	36.5
COSTO DEL DIÉSEL= 1.15 USD/LITRO	400	500	500	600	560	2.58 M	0.323	39.6
COSTO DEL DIÉSEL= 1.50 USD/LITRO	800	500	500	600	560	3.38 M	0.378	49.9

En vista de la gran cantidad de soluciones posibles, se tomaron en consideración solamente 4 de estas que muestran los valores extremos e intermedios que puede alcanzar el precio del combustible, esto permitió realizar la evaluación técnica y posteriormente la evaluación económica. Del análisis de optimización se pudo determinar que, la primer solución para un precio de combustible diésel puesto en la isla de 0.85 USD/litro podría ser muy optimista, pues a pesar de que arrojó un bajo costo por cada kWh que generará nuestro sistema debe notarse que el porcentaje de energía que será suplida por medios renovables será menor a lo que definimos como requisitos inicialmente, además depende de un precio de combustible igual al precio del diésel bastante bajo y es muy probable que este precio internacionalmente no se mantenga por mucho tiempo.

Cuando el diésel sea adquirido a bajo precio la metodología que aplica HOMER obliga a que reduzcamos el porcentaje de energías renovables que tendrá nuestra matriz energética, lo que hace que nos salgamos del criterio de sostenibilidad que queremos alcanzar. En el caso

contrario cuando el costo de combustible diésel es demasiado elevado el software sugiere que aumentemos nuestro parque de energía renovable, la configuración que el software establezca dependerá de la filosofía de despacho que se estableció inicialmente, sin embargo en este caso el costo por kWh generado se aumenta sustancialmente sumado a que la inversión lo hace en el mismo sentido. Por lo anterior expuesto, se dedujo que podemos utilizar como supuesto un valor del precio del combustible igual a 1.00 USD/Litro para la realización de nuestro análisis financiero (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Resumen de costos en los que incurrirá el sistema de generación híbrido durante toda su vida útil asumiendo un costo inicial del diésel de 1.00 USD/litro

<b>Componente del sistema para un costo de diésel de 1.00USD/litro</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<b>Costo por reemplazo</b>	<b>Costo operación y Mantenimiento</b>	<b>Combustible Diésel</b>	<b>Totales.</b>
<b>Generador Diésel</b>	\$168,000.00	\$75,697.44	\$399,391.10	\$5,269,904.15	\$5,885,421.61
<b>Almacenamiento Pb-Ácido</b>	\$111,000.00	\$0.00	\$55,293.84	\$0.00	\$166,293.84
<b>G. Solar FV</b>	\$1,250,000.00	\$0.00	\$69,117.30	\$0.00	\$1,319,117.30
<b>Inversor</b>	\$250,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$250,000.00
<b>G. Eólica.</b>	\$600,000.00	\$0.00	\$221,175.36	\$0.00	\$821,175.36
<b>Sistema híbrido completo</b>	\$2,379,000.00	\$75,697.44	\$744,977.60	\$5,269,904.15	\$8,442,008.12

A través de Homer también se obtuvo el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sistema de generación, este supondrá un ahorro del 34 % del total de emisiones de GEI en la isla, lo que se traduce a decir que se dejarán de enviar al ambiente cerca de 771 Toneladas de CO2 por año. A continuación se muestran los valores de producción eléctrica que tendrá el sistema de generación (Ver Tabla 15).

Tabla 15 . Datos sobre la producción eléctrica por tecnología que tendrá nuestro sistema

<b>Producción por tecnología.</b>	<b>kWh/año.</b>	<b>% de la energía total generada.</b>
G. Solar FV	868,162	26.7
G. Diésel	1,968,250	60.6
G. Eólica.	410,144	12.6
Total	3,246,557	100

#### 4.5 Marco Legal aplicable para estimar los componentes de la tarifa de energía eléctrica en la isla de Guanaja

Tal como se citó en el capítulo II de este documento, nuestra legislación actual establece lo siguiente: “Para los sistemas de distribución que no forman parte del Sistema Interconectado Nacional, serán las propias empresas distribuidoras las que deberán calcular anualmente los costos base de generación y proponerlos a la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), de conformidad con lo que disponga el Reglamento” (La Decreto 404-2013, P.18).

Lo anterior significa que, para realizar un estudio económico y un análisis financiero es necesario modelar además un esquema tarifario que sirva como referencia y poder establecer los posibles flujos de efectivo que representará la central de generación híbrida. La Ley General de la Industria Eléctrica en su artículo 18 menciona que: “Las tarifas reflejarán los costos de generación, transmisión, distribución y demás costos de proveer el servicio eléctrico aprobado por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica”, a continuación se listan los costos que comprende la tarifa de electricidad en tierra continental:

##### 4.5.1 Costos de generación

Los indicados costos de generación se basarán en los siguientes datos para los sistemas aislados:

1. Costos de los contratos de compra de potencia y energía suscritas por la distribuidora;
2. Costos proyectados de la energía en el mercado eléctrico de oportunidad, los cuales deberán incluir componentes de potencia y de energía diferenciados por bloque horario (estos no serán tomados en cuenta pues solo aplican para la venta de excedentes).
3. Cantidades de potencia y energía provenientes de cada fuente'' (LGIE. Art. 21).

Con esto datos se puede establecer que el costo de generación de nuestro sistema podrá ser el que arroja el software HOMER Energy de 0.296 USD/kWh, este valor comprende los costos combinados de combustible, así como la operación y el mantenimiento.

#### 4.5.2 Costos de transmisión

En vista de que nuestro sistema de generación no dependerá de una infraestructura de transmisión o de una interconexión al sistema Nacional Hondureño no se tomará en cuenta este elemento para que forme parte de la tarifa a aplicar.

#### 4.5.3 Costos de distribución

Para la puesta en marcha del sistema de generación se parte de la premisa de que se utilizará el mismo sistema de distribución que tiene la isla.

#### 4.5.3 Costo de alumbrado público

Dentro de la tarifa actual que BELCO aplica a los usuarios de la isla de Guanaja está considerado un costo por alumbrado de L.10.00 al mes por cada cliente de la empresa, se maneja el mismo precio para nuestro esquema tarifario.



#### 4.5.4 Costo del Fondo Social de Desarrollo (FOSODE)

El Artículo 24 de la LGIE dice que FOSODE “...servirá para financiar los estudios y las obras de electrificación que sean de interés social. El Fondo será financiado con un aporte de las empresas distribuidoras igual al uno por ciento (1%) de las ventas a usuarios finales. Este aporte será trasladado al usuario final mensual.” Por lo anterior incluiremos este costo dentro de nuestro modelo de tarifa eléctrica que eventualmente será presentado de la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE).

#### 4.5.5 Costos por Regulación

Se trasladará al consumidor final el 0.25% del total facturado por la empresa distribuidora presente en la isla tal como lo indica la LGIE en el artículo 2.

#### 4.5.6 Costos de Operación

Se seguirá un esquema de operación igual al que existe en la isla de Guanaja, es decir el operador es el mismo generador, por lo cual no se consideran costos por operación dentro de nuestra tarifa.

#### 4.5.7 Costos asociados a participar en el Mercado Eléctrico Regional

El sistema eléctrico de Guanaja no forma parte del Sistema Interconectado Nacional por lo cual no será considerado para las transacciones regionales de energía eléctrica, por lo anterior estos cargos no serán tomados en consideración dentro de nuestra factura de suministro.

Ejemplo de tarifa base en la isla de Guanaja: Luego de determinar los posibles componentes, se presenta el modelo de tarifa base de suministro que eventualmente será aplicada a los abonados de Guanaja, se toma como ejemplo un abonado que consumió 200 kWh durante el último mes (Ver Tabla 16):

Tabla 16. Principales componentes de la nueva tarifa de energía de la isla de Guanaja

<b>Tipo de tarifa</b>	<b>Costo de Generación (USD)</b>	<b>Cargo /Alumbrado Público (USD).</b>	<b>Cargo/Regulación (USD).</b>	<b>Cargo / FOSODE (USD)</b>
General	59.20	0.42	0.14	0.59

El ejemplo anterior ilustra que bajo nuestro esquema tarifario base el cliente pagará por un consumo de 200 kWh un total de 60.35 USD. Cabe destacar que dentro de este esquema no se incluye un ajuste por combustible, para el sistema híbrido el precio del diésel representa cerca del 84% de los costos de operación mensuales, por esta razón se aplicará una tasa de crecimiento anual al precio del diésel dentro del análisis económico y así de este modo en la tarifa se verá reflejada el aumento del precio internacional del diésel. De igual modo dentro del esquema de tarifa anterior aún no se incluye el porcentaje de utilidad por parte del desarrollador/propietario del proyecto de generación, este se incluirá dentro del mismo análisis económico.

#### 4.5.8 Principales Exoneraciones

Las ventas de energía y potencia de las empresas del subsector eléctrico estarán exentas del pago del Impuesto Sobre Ventas, con excepción de las ventas a consumidores finales (LGIE. Art. 23). El decreto 70-2007 ofrece una serie de beneficios a proyectos de generación de energía eléctrica por medios renovables, estos se enuncian a continuación:

1. Exoneración del pago del impuesto sobre ventas para todos aquellos equipos, materiales y servicios que estén destinados a la generación de energía eléctrica con recursos renovables
2. Exoneración de impuestos y aranceles para la importación de equipo y materiales destinados a la generación de energía eléctrica con recursos renovables

3. 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.
4. Los proyectos de energía renovable gozarán de todos los beneficios establecidos en la Ley de Aduanas en relación con la importación temporal de maquinaria y equipos para la construcción de los citados proyectos.
5. Exoneración del impuesto sobre la renta y sus retenciones sobre los pagos de servicios u honorarios contratados con personas naturales o jurídicas, necesarios en todas las etapas de desarrollo del proyecto de energía renovable.

#### 4.6 Análisis Económico

Para el análisis económico del sistema de generación híbrido se evaluaron los flujos de caja del proyecto haciendo un análisis de sensibilidad que muestra la variación del precio del combustible puesto en la isla de Guanaja y el único cambio que se consideró para el precio de venta por cada kWh generado al consumidor final fue el aumento por inflación. Se tomó como premisa inicial que nuestro sistema debe proporcionar energía eléctrica a un precio que represente un ahorro del 20% de lo que pagan los habitantes en la isla actualmente, esto equivale a que el precio final para los usuarios en general no debe ser superior a los 0.35 USD/kWh.

Para la evaluación financiera dentro del análisis económico se partió de los siguientes supuestos: 1) Una tasa inflacionaria del 2% anual, este incremento afectará a todos los componentes de la tarifa establecida menos el costo por regulación. 2) Se tomó como incremento en el precio internacional del combustible diésel un 2% anual de acuerdo a un estudio emitido por el Ministerio de Energía y Minas de Colombia durante el 2014 (Proyección de precios de los combustibles del 2014 al 2037). 3) Se incluyó el cargo por impuesto sobre la

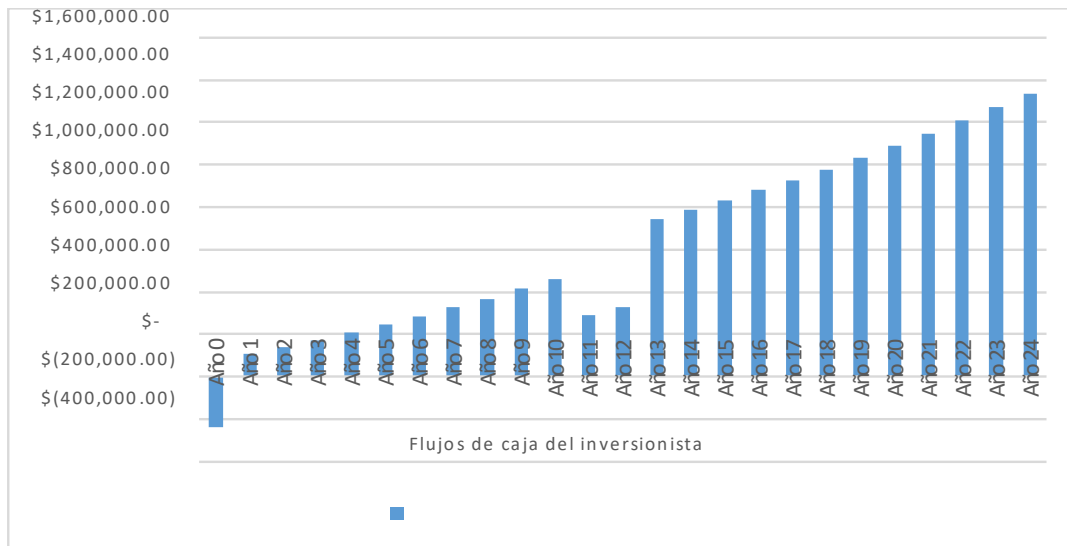
renta a partir del año 10 tal como lo establece el decreto 70-2007. 4) Para la inversión inicial se tomó que el apalancamiento bancario será del 90% y el restante se dejó como inversión o capital propio (10% de equity). 5) El préstamo a solicitar tendrá una tasa de interés del 14% a 12 años plazo a través del método de cuota fija. 6) Por último como tasa de descuento se tomó el mismo valor que se introdujo en el software de diseño, es decir 12%, de aquí se establece que no se aceptará una tasa interna de retorno inferior a 20% para cualquier proyecto (Ver Tablas 17, 18 y 19).

**Escenario 1: Precio del Combustible diésel = 1.00 USD/ litro.**

Tabla 17. Tabla de amortización del préstamo bancario para cubrir el 90 % de la inversión inicial de acuerdo al caso 1

<b>APALANCAMIENTO DEL 90% (Inversión inicial Total = \$ 2,379,000.00), INTERES = 14%</b>				
<b>AÑO</b>	<b>Deuda</b>	<b>Cuota</b>	<b>Intereses</b>	<b>Amortización</b>
1	2,141,100.00	378,266.69	299754.00	78,512.69
2	2,062,587.31	378,266.69	288762.22	89,504.47
3	1,973,082.84	378,266.69	276231.60	102,035.09
4	1,871,047.75	378,266.69	261946.69	116,320.00
5	1,754,727.75	378,266.69	245661.88	132,604.81
6	1,622,122.94	378,266.69	227097.21	151,169.48
7	1,470,953.46	378,266.69	205933.48	172,333.21
8	1,298,620.26	378,266.69	181806.84	196,459.85
9	1,102,160.40	378,266.69	154302.46	223,964.23
10	878,196.17	378,266.69	122947.46	255,319.23
11	622,876.94	378,266.69	87202.77	291,063.92
12	331,813.03	378,266.69	46453.82	331,812.87

Para este caso el monto equivalente al 90% de la inversión inicial solicitado en préstamo equivale a USD 2,141,100.00.



**Figura 17. Gráfico de flujos de caja para el análisis del escenario 1.**

Fuente: Elaboración propia.

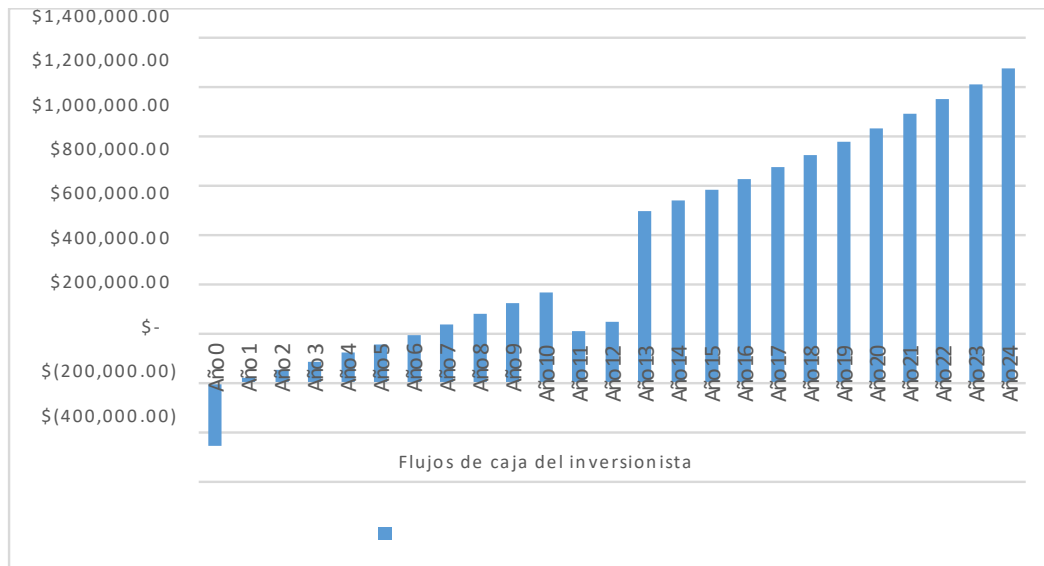
Para el escenario 1 la tasa interna de retorno del proyecto es del 66.03% y un valor actual neto de \$ \$2,473,626.94 (Ver Figura 17).

**Escenario 2: Precio del Combustible diésel = 1.15 USD/ litro.**

Tabla 18. Tabla de amortización del préstamo bancario para cubrir el 90 % de la inversión inicial de acuerdo al caso 2

<b>APALANCAMIENTO DEL 90% (Inversión inicial Total = \$ 2,579,000.00), INTERES = 14%</b>				
<b>AÑO</b>	<b>Deuda</b>	<b>Cuota</b>	<b>Intereses</b>	<b>Amortización</b>
1	2,321,100.00	410,067.17	324954.00	85,113.17
2	2,235,986.83	410,067.17	313038.16	97,029.01
3	2,138,957.82	410,067.17	299454.09	110,613.08
4	2,028,344.74	410,067.17	283968.26	126,098.91
5	1,902,245.83	410,067.17	266314.42	143,752.75
6	1,758,493.08	410,067.17	246189.03	163,878.14
7	1,594,614.94	410,067.17	223246.09	186,821.08
8	1,407,793.86	410,067.17	197091.14	212,976.03
9	1,194,817.84	410,067.17	167274.50	242,792.67
10	952,025.16	410,067.17	133283.52	276,783.65
11	675,241.51	410,067.17	94533.81	315,533.36
12	359,708.16	410,067.17	50359.14	359,708.03

Para este caso el monto equivalente al 90% de la inversión inicial solicitado en préstamo equivale a USD 2,321,100.00.



**Figura 18. Gráfico de flujos de caja para el análisis del caso 2**

Fuente: Elaboración propia.

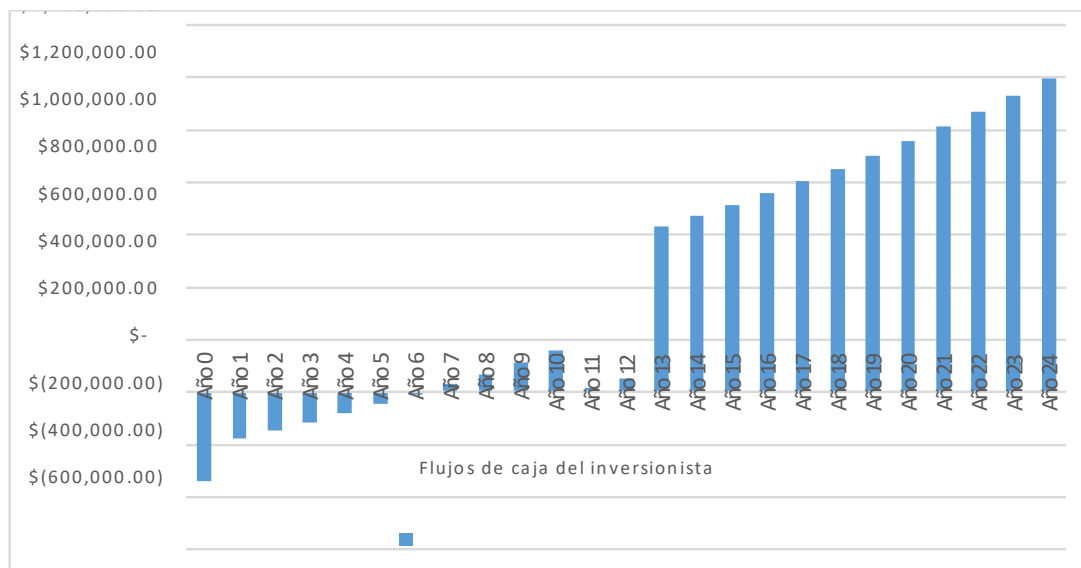
De acuerdo a los datos del caso 2 la tasa interna de retorno del proyecto es de 41.29% y un valor actual neto de \$1, 902,849.47 (Ver Figura 18)

**Escenario 3: Precio del Combustible diésel = 1.50 USD/ litro.**

Tabla 19. Tabla de amortización del préstamo bancario para el caso 3

<b>APALANCAMIENTO DEL 90% (Inversión inicial Total = \$ 3,379,000.00), INTERES = 14%</b>				
<b>AÑO</b>	<b>Deuda</b>	<b>Cuota</b>	<b>Intereses</b>	<b>Amortización.</b>
1	3,041,100.00	537,269.09	425754.00	111,515.09
2	2,929,584.91	537,269.09	410141.89	127,127.20
3	2,802,457.71	537,269.09	392344.08	144,925.01
4	2,657,532.70	537,269.09	372054.58	165,214.51
5	2,492,318.18	537,269.09	348924.55	188,344.54
6	2,303,973.64	537,269.09	322556.31	214,712.78
7	2,089,260.86	537,269.09	292496.52	244,772.57
8	1,844,488.29	537,269.09	258228.36	279,040.73
9	1,565,447.56	537,269.09	219162.66	318,106.43
10	1,247,341.13	537,269.09	174627.76	362,641.33
11	884,699.80	537,269.09	123857.97	413,411.12
12	471,288.68	537,269.09	65980.41	471,288.68

Para este caso el monto equivalente al 90% de la inversión inicial solicitado en préstamo equivale a USD 3,041,100.00.



**Figura 19. Gráfico de flujos de caja para el análisis del caso 3**

Fuente:Elaboración propia

De acuerdo a los datos del caso 3 la tasa interna de retorno del proyecto es de 16.75% y un valor actual neto de \$616,196.94 (Ver Figura 19).

De lo anterior se determina que, la realización del proyecto del sistema de generación híbrido es bastante atractiva económicamente para los escenarios 1 y 2 en donde el precio del diésel se encuentra entre 1.0 a 1.15 USD/Litro, esto pues en ambos casos las tasas internas de retorno arrojan valores mayores al límite de tasa de descuento bancario que se definió como margen de seguridad (20%), además en estos dos casos el valor actual neto de los flujos de caja es mayor que la inversión inicial (10% de equity).

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

El sector residencial de Guanaja consume cerca del 72% del total de la energía eléctrica que se genera en la isla. Lo anterior hizo posible que se pudiera realizar una caracterización de la demanda eléctrica a través de los hábitos de consumo energético de los habitantes de la isla. El poder ajustar esta curva de demanda con un perfil adecuado permitió dimensionar el sistema de generación para satisfacer esa demanda.

Por medio del estudio de la demanda en la isla de Guanaja se determinó que, el factor de carga en el sistema eléctrico asciende a 67%, además analizando las curvas de demanda se puede notar que prevalece la necesidad de suministrar un mínimo de potencia firme constante de aproximadamente 400 kW. Lo anterior expuesto solo se pudo lograr introduciendo en la matriz energética de nuestro diseño un sistema de almacenamiento eléctrico en combinación con un sistema de generación térmica a base de combustibles fósiles.

Del análisis de los costos se pudo determinar que, el combustible diésel representa cerca del 84% de los gastos por operación que son trasladados a valor actual para el proyecto del sistema de generación en la isla de Guanaja, esto demuestra la dependencia que tiene nuestro sistema a la variación del precio del petróleo internacionalmente. Así mismo se determinó que el modelo permitirá satisfacer fácilmente la demanda de energía eléctrica de la isla con un ahorro para el consumidor final de no menos del 20% con las consideraciones adoptadas durante el desarrollo.

De la matriz de resultados de HOMER se determinó que, no es imprescindible utilizar todos los tipos de recursos renovables de la isla para que el sistema de generación satisfaga la demanda eléctrica de la comunidad de Guanaja. Se pudo determinar que también se generaron soluciones solamente tomando en consideración el recurso eólico de la isla, la diferencia radica



principalmente en el costo de la energía generada (COE) para cada kWh que tendrá el sistema híbrido y la consideración de ciertos supuestos específicos.

A través de HOMER también se determinó que, es imposible satisfacer las necesidades de electricidad de la isla de Guanaja solamente con fuentes de energía renovable sin incrementar el precio de la energía eléctrica que actualmente se paga en la isla, así mismo utilizar solamente fuentes renovables aumenta significativamente la inversión inicial del proyecto.

A pesar que no existe en la legislación actual de Honduras una clara consideración para los sistemas eléctricos aislados, se pueden identificar los principales componentes que tendría la tarifa para el sistema aislado de Guanaja haciendo un análisis del marco legal aplicable. Por lo tanto, se identificaron las principales exoneraciones fiscales que podrían considerarse y producto de este análisis se determinó que los cargos por transmisión, operación e interconexiones regionales definitivamente no deberían ser aplicados a los usuarios de sistemas eléctricos aislados.

La alta tasa interna de retorno y el valor actual neto positivo como resultados del estudio económico demuestran que, bajo los supuestos financieros adoptados, la realización del proyecto del sistema de generación híbrido bajo la arquitectura y configuración de diseño considerada es bastante atractiva económicamente.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Sería deseable realizar un levantamiento de carga detallado de los hoteles de Guanaja. La isla cuenta con 5 hoteles para los cuales es imposible estimar sus hábitos de consumo horario y una de las principales dificultades que tuvo este estudio fue el caracterizar la demanda de este rubro particularmente. Estimar una curva de demanda más ajustada permitiría modelar un sistema de generación más adecuado con un diseño óptimo.

Es necesario evaluar otros recursos renovables de la isla que podrían tener un potencial energético atractivo para diversificar la matriz energética de Guanaja, por ejemplo el recurso hídrico, la energía eólica instalada en mar adentro y el potencial de la biomasa dentro de la isla.

Con el objetivo de hacer una mejor evaluación de costos, se podrían detallar aún más los egresos por operación del sistema de generación, por ejemplo, definir los intervalos de mantenimiento y paradas forzadas por fallas, así como definir la curva del combustible fósil a utilizar y poder calórico del mismo.

Uno de los supuestos financieros de este estudio fue asumir que el desarrollador del proyecto debería contar con una liquidez financiera o equity del 10% de la inversión inicial, se deben realizar corridas de flujos de caja asumiendo fondos propios mayores como porcentaje de la inversión inicial, es decir que posiblemente dentro de otros esquemas de inversión se podría introducir más fácilmente un mayor porcentaje de penetración renovable sin incrementar tanto el costo de la energía eléctrica generada por el sistema.

En una extensión del estudio económico realizado se podrían analizar también los principales aspectos que se podrían encontrar al tratar de acceder a fondos de inversiones para afrontar la inversión inicial sobre todo, tales como SREP (Aumento del aprovechamiento de las fuentes de energía renovable, plan de inversiones Honduras) o el proyecto ARECA del BCIE.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez, C. (2006). *Manual de Energía Renovable*. Madrid. Obtenido de <https://previa.uclm.es>

Calero, R. (2015). *Programa educativo sobre eficiencia energética: Energía Hidráulica*. Obtenido de <http://comunidad.eduambiental.org>

CATERPILLAR (2013). *Hoja de datos técnicos del conjunto generador diésel CAT3412C*. Obtenido de: [https://www.cat.com/en\\_US/articles/configurations/ep-gensetratings/3516b1.html](https://www.cat.com/en_US/articles/configurations/ep-gensetratings/3516b1.html)

Dirección General de Energía,(2015). *Balance energético de Honduras, SERNA*.

Empresa de Energía Eléctrica. (s.f.). *Represa Hidroeléctrica Francisco Morazán*. Tegucigalpa. Obtenido de <http://www.enee.hn>

ENEE. (2014). *Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica en Honduras*,. Tegucigalpa.

Espinoza Zegarra, C., & Badillo, F. (2015). *Balance Nacional de Energía*. Perú. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org>

Fiscal Escalante, R. (2007). Metodología de análisis para estudios de factibilidad técnica-económica en sistemas de generación eléctrica. *Tendencias Tecnológicas*, 92-98.

Guerra Baeza, L. D. (2013). Estudio de factibilidad técnico/económica de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica para escuelas de Quinchao. 16. Chile.

*Guía de la Energía Solar*. (2006). Madrid: Industrias Gráficas el Instalador. Obtenido de [www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)

INE. (2013). *Estadísticas poblacionales Isla de Guanaja*. Tegucigalpa. Recuperado el 6 de agosto de 2017, de [www.ine.gob.hn/](http://www.ine.gob.hn/)

Instituto para la diversidad y ahorro de la Energía. (2017). *Plan de Energías Renovables PER 2011-2020. Situación actual de la energía solar fotovoltaica en el mundo*. Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de <http://suelosolar.com/>

Kreith, F. y. (2007). *Handbook of energy efficiency and renewable energy*.

Kind, S. (2008). *Energía Solar*. Recuperado el 12 de septiembre de 2017, de [www.energia.gov.ar](http://www.energia.gov.ar)

- Margarit, J. (2015). *Contexto actual y perspectivas de las energías renovables*. Madrid.
- Mi Ambiente. (2015). *Cambio de Matriz Energetica*. Guanaja. Obtenido de [www.estrategiaycomunicaciones.gob.hn](http://www.estrategiaycomunicaciones.gob.hn)
- Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). *Energía Eólica*.
- National Renewable Energy Laboratory. (02 de agosto de 2017). Obtenido de International Acitivitie: <https://www.nrel.gov/international/>
- Okedu, K., & Uhumnwangho, R. (2014). Optimization of Renewable Energy Efficiency using HOMER. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4(2).
- PNUD . (2017). *MARCO DE ASISTENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO DE HONDURAS 2017-2021*. Obtenido de <http://hn.one.un.org>
- PNUD. (2002). *Manual sobre energía renovable: Hidraulica*. San José, Costa Rica.
- Ponce Corral, C., García Villalba, L. A., Cabera, R., & Valenzuela, R. A. (2014). Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua. *Culeyt*, 1(54).
- Prezi. (2014). *Situación de la Energía Eléctrica en Honduras*. Obtenido de <https://prezi.com>
- Proyecto ARECA. (2010). *Energías Renovables en acción*. Tegucigalpa. Obtenido de [areca.bcie.org](http://areca.bcie.org)
- Sabillón, R. (2017). Energía Renovable. *Energía de Honduras*, 2(45), 56-60.
- Sawin, J. (2016). *Energías Renovables 2016 Reporte de la Situación Mundial*. Obtenido de <http://www.ren21.net>
- Scoville, E., & De Alonzo, D. (2012). *Situación Actual de la Energía Eólica en Latinoamérica*. Recuperado el 12 de agosto de 2017, de <http://latinoamericarenovable.com>
- Tovar, J. & Ventura, V. (2013). *Análisis del mercado eléctrico regional de Centroamérica y acciones para impulsar proyectos de generación nacional*. CEPAL. Obtenido de [www.cepal.org](http://www.cepal.org)

## ANEXOS

### Anexo A

Tabla 20. Levantamiento de cargas de viviendas de la isla de Guanaja con un consumo promedio

<b>Equipo conectado a la red eléctrica</b>	<b>Potencia de Placa (W)</b>	<b>Horas de Utilización /Mes</b>	<b>FACTOR DE CARGA %</b>	<b>Energía Consumida (kWh/mes)</b>	<b>Energía Consumida (%)</b>
EQUIPO DE SONIDO I	200	10.00	<b>100.0</b>	2.00	0.8821
TELEVISOR I	105	30.00	100.0	3.15	1.3893
TELEVISOR II	90	18.00	100.0	1.62	0.7145
REFRIGERADOR	300	690.00	30.0	62.10	27.3896
ESTUFA	9240	30.00	30.0	83.16	36.6783
PLANCHA DE ROPA	1100	24.00	50.0	13.20	5.8220
SISTEMA A/C	6000	14.00	60.0	50.40	22.2293
HORNO MICROONDAS	1050	12.00	85.0	10.71	4.7237
LÁMPARA DE MESA	100	15.00	100.0	1.50	0.6616
ILUMINACIÓN (6 luminarias Fluorescentes )	120	144.00	40.0	6.91	3.0486

**Anexo B**

Tabla 21. Levantamiento de cargas de viviendas de la isla de Guanaja con un consumo alto

<b>Equipo</b>	<b>Potencia de Placa (W)</b>	<b>Horas de Utilización /Mes</b>	<b>FACTOR DE CARGA %</b>	<b>Energía Consumida (kWh/mes)</b>	<b>Energía Consumida (%)</b>
EQUIPO DE SONIDO I	200	10.00	100.0	2.00	0.3715
TELEVISOR I	105	30.00	100.0	3.15	0.5851
TELEVISOR II	90	18.00	100.0	1.62	0.3009
TELEVISOR III	200	18.00	100.0	3.60	0.6687
REFRIGERADOR	300	720.00	30.0	64.80	12.0368
ESTUFA	9240	32.00	40.0	118.27	21.9694
LAVADORA	2000	16.00	40.0	12.80	2.3776
PLANCHA DE ROPA	1100	24.00	50.0	13.20	2.4519
SISTEMA A/C 1	6000	32.00	80.0	153.60	28.5317
SISTEMA A/C2	6000	32.00	80.0	153.60	28.5317
HORNO MICROONDAS	1050	12.00	85.0	10.71	1.9894
LÁMPARA DE MESA	100	15.00	100.0	1.50	0.2786
ILUMINACIÓN ( 14 FOCOS Fluorescentes )	280	144.00	40.0	16.13	2.9958

Anexo C

Tabla 22. Tabla de Flujos de caja durante la vida del proyecto del sistema de generación híbrido en la isla de Guanaja para un precio de combustible diésel de 1.15 USD/L.

Estado de Resultados	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10		
INGRESO POR VENTA DE ENERGÍA.		\$ 1,136,294.94	\$ 1,182,201.26	\$ 1,229,962.19	\$ 1,279,652.66	\$ 1,331,350.63	\$ 1,385,137.19	\$ 1,441,096.73	\$ 1,499,317.04	\$ 1,559,889.45	\$ 1,622,908.98		
<b>TOTAL INGRESOS:</b>		<b>\$ 1,136,294.94</b>	<b>\$ 1,182,201.26</b>	<b>\$ 1,229,962.19</b>	<b>\$ 1,279,652.66</b>	<b>\$ 1,331,350.63</b>	<b>\$ 1,385,137.19</b>	<b>\$ 1,441,096.73</b>	<b>\$ 1,499,317.04</b>	<b>\$ 1,559,889.45</b>	<b>\$ 1,622,908.98</b>		
COSTO DEL COMBUSTIBLE		\$ 605,243.94	\$ 617,348.82	\$ 629,695.80	\$ 642,289.71	\$ 655,135.51	\$ 668,238.22	\$ 681,602.98	\$ 695,235.04	\$ 709,139.74	\$ 723,322.53		
OPERACIÓN Y MANTO.		\$ 80,838.40	\$ 82,455.17	\$ 84,104.27	\$ 85,786.36	\$ 87,502.08	\$ 89,252.13	\$ 91,037.17	\$ 92,857.91	\$ 94,715.07	\$ 96,609.37		
CARGOS POR REGULACIÓN		\$ 2,840.74	\$ 2,955.50	\$ 3,074.91	\$ 3,199.13	\$ 3,328.38	\$ 3,462.84	\$ 3,602.74	\$ 3,748.29	\$ 3,899.72	\$ 4,057.27		
CARGOS DEL FOSODE		\$ 11,362.95	\$ 11,822.01	\$ 12,299.62	\$ 12,796.53	\$ 13,313.51	\$ 13,851.37	\$ 14,410.97	\$ 14,993.17	\$ 15,598.89	\$ 16,229.09		
CARGOS POR ALUMBRADO PÚBLICO		\$ 4,497.44	\$ 4,587.39	\$ 4,679.14	\$ 4,772.72	\$ 4,868.17	\$ 4,965.54	\$ 5,064.85	\$ 5,166.14	\$ 5,269.47	\$ 5,374.86		
<b>TOTAL GASTOS:</b>		<b>\$ 704,783.47</b>	<b>\$ 719,168.89</b>	<b>\$ 733,853.73</b>	<b>\$ 748,844.45</b>	<b>\$ 764,147.65</b>	<b>\$ 779,770.09</b>	<b>\$ 795,718.70</b>	<b>\$ 812,000.56</b>	<b>\$ 828,622.90</b>	<b>\$ 845,593.13</b>		
Utilidad libre de impuestos		\$ 431,511.47	\$ 463,032.36	\$ 496,108.46	\$ 530,808.21	\$ 567,202.98	\$ 605,367.10	\$ 645,378.03	\$ 687,316.48	\$ 731,266.55	\$ 777,315.86		
Impuesto sobre la renta.		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
<b>Utilidad Neta</b>		<b>\$ 431,511.47</b>	<b>\$ 463,032.36</b>	<b>\$ 496,108.46</b>	<b>\$ 530,808.21</b>	<b>\$ 567,202.98</b>	<b>\$ 605,367.10</b>	<b>\$ 645,378.03</b>	<b>\$ 687,316.48</b>	<b>\$ 731,266.55</b>	<b>\$ 777,315.86</b>		
<b>VI. Flujos Netos</b>													
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10		
Inversión Inicial (con signo negativo, en el año 0)	\$ (2,579,000.00)												
Préstamo Bancario (con signo positivo en el año 0)	\$ 2,321,100.00												
Amortización Préstamo Bancario (co+22:30n signo negativo a partir del año 1)		\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)		
Utilidad Neta (es el monto que se obtuvo en el estado de Resultados)		\$ 431,511.47	\$ 463,032.36	\$ 496,108.46	\$ 530,808.21	\$ 567,202.98	\$ 605,367.10	\$ 645,378.03	\$ 687,316.48	\$ 731,266.55	\$ 777,315.86		
<b>Flujos Netos</b>	<b>\$ (257,900.00)</b>	<b>\$ 21,444.30</b>	<b>\$ 52,965.19</b>	<b>\$ 86,041.29</b>	<b>\$ 120,741.04</b>	<b>\$ 157,135.81</b>	<b>\$ 195,299.93</b>	<b>\$ 235,310.86</b>	<b>\$ 277,249.31</b>	<b>\$ 321,199.38</b>	<b>\$ 367,248.69</b>		
<b>Año 11</b>	<b>Año 12</b>	<b>Año 13</b>	<b>Año 14</b>	<b>Año 15</b>	<b>Año 16</b>	<b>Año 17</b>	<b>Año 18</b>	<b>Año 19</b>	<b>Año 20</b>	<b>Año 21</b>	<b>Año 22</b>	<b>Año 23</b>	<b>Año 24</b>
\$ 1,688,474.51	\$ 1,756,688.88	\$ 1,827,659.11	\$ 1,901,496.54	\$ 1,978,317.00	\$ 2,058,241.00	\$ 2,141,393.94	\$ 2,227,906.25	\$ 2,317,913.67	\$ 2,411,557.38	\$ 2,508,984.30	\$ 2,610,347.26	\$ 2,715,805.29	\$ 2,825,523.83
\$ 1,688,474.51	\$ 1,756,688.88	\$ 1,827,659.11	\$ 1,901,496.54	\$ 1,978,317.00	\$ 2,058,241.00	\$ 2,141,393.94	\$ 2,227,906.25	\$ 2,317,913.67	\$ 2,411,557.38	\$ 2,508,984.30	\$ 2,610,347.26	\$ 2,715,805.29	\$ 2,825,523.83
\$ 737,788.99	\$ 752,544.77	\$ 767,595.66	\$ 782,947.57	\$ 798,606.53	\$ 814,578.66	\$ 830,870.23	\$ 847,487.63	\$ 864,437.39	\$ 881,726.13	\$ 899,360.66	\$ 917,347.87	\$ 935,694.83	\$ 954,408.72
\$ 98,541.56	\$ 100,512.39	\$ 102,522.64	\$ 104,573.09	\$ 106,664.55	\$ 108,797.84	\$ 110,973.80	\$ 113,193.28	\$ 115,457.14	\$ 117,766.28	\$ 120,121.61	\$ 122,524.04	\$ 124,974.52	\$ 127,474.01
\$ 4,221.19	\$ 4,391.72	\$ 4,569.15	\$ 4,753.74	\$ 4,945.79	\$ 5,145.60	\$ 5,353.48	\$ 5,569.77	\$ 5,794.78	\$ 6,028.89	\$ 6,272.46	\$ 6,525.87	\$ 6,789.51	\$ 7,063.81
\$ 16,884.75	\$ 17,566.89	\$ 18,276.59	\$ 19,014.97	\$ 19,783.17	\$ 20,582.41	\$ 21,413.94	\$ 22,279.06	\$ 23,179.14	\$ 24,115.57	\$ 25,089.84	\$ 26,103.47	\$ 27,158.05	\$ 28,255.24
\$ 5,482.35	\$ 5,592.00	\$ 5,703.84	\$ 5,817.92	\$ 5,934.28	\$ 6,052.96	\$ 6,174.02	\$ 6,297.50	\$ 6,423.45	\$ 6,551.92	\$ 6,682.96	\$ 6,816.62	\$ 6,952.95	\$ 7,092.01
\$ 862,918.83	\$ 880,607.77	\$ 898,667.88	\$ 917,107.29	\$ 935,934.32	\$ 955,157.47	\$ 974,785.47	\$ 994,827.24	\$ 1,015,291.90	\$ 1,036,188.81	\$ 1,057,527.53	\$ 1,079,317.87	\$ 1,101,569.87	\$ 1,124,293.79
\$ 825,555.68	\$ 876,081.11	\$ 928,991.23	\$ 984,389.25	\$ 1,042,382.68	\$ 1,103,083.53	\$ 1,166,608.46	\$ 1,233,079.01	\$ 1,302,621.77	\$ 1,375,368.57	\$ 1,451,456.77	\$ 1,531,029.39	\$ 1,614,235.43	\$ 1,701,230.03
\$ 206,388.92	\$ 219,020.28	\$ 232,247.81	\$ 246,097.31	\$ 260,595.67	\$ 275,770.88	\$ 291,652.12	\$ 308,269.75	\$ 325,655.44	\$ 343,842.14	\$ 362,864.19	\$ 382,757.35	\$ 403,558.86	\$ 425,307.51
\$ 619,166.76	\$ 657,060.83	\$ 696,743.42	\$ 738,291.94	\$ 781,787.01	\$ 827,312.65	\$ 874,956.35	\$ 924,809.26	\$ 976,966.32	\$ 1,031,526.43	\$ 1,088,592.58	\$ 1,148,272.04	\$ 1,210,676.57	\$ 1,275,922.52
\$ (410,067.17)	\$ (410,067.17)												
\$ 619,166.76	\$ 657,060.83	\$ 696,743.42	\$ 738,291.94	\$ 781,787.01	\$ 827,312.65	\$ 874,956.35	\$ 924,809.26	\$ 976,966.32	\$ 1,031,526.43	\$ 1,088,592.58	\$ 1,148,272.04	\$ 1,210,676.57	\$ 1,275,922.52
\$ 209,099.59	\$ 246,993.66	\$ 696,743.42	\$ 738,291.94	\$ 781,787.01	\$ 827,312.65	\$ 874,956.35	\$ 924,809.26	\$ 976,966.32	\$ 1,031,526.43	\$ 1,088,592.58	\$ 1,148,272.04	\$ 1,210,676.57	\$ 1,275,922.52

## **GLOSARIO**

### **Agente del mercado eléctrico nacional:**

Las empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras que cumplan los requisitos que a tal efecto establezca el reglamento y aquellos consumidores calificados que hayan optado por actuar como tales.

### **Capacidad de Carga:**

Capacidad comprobada de cualquier generador eléctrico de satisfacer las necesidades de una determinada demanda eléctrica.

### **Carga eléctrica:**

Es cualquier componente o circuito eléctrico que consume potencia eléctrica activa.

### **Demanda eléctrica:**

Es la suma de la potencia eléctrica activa consumida de forma instantánea por todas las cargas conectadas a un determinado alimentador de generación o bus de distribución.

### **Energía eólica en mar adentro (offshore):**

Consiste en aprovechar la energía del viento para generar electricidad a través de aerogeneradores situados dentro del mar en donde las corrientes de aire son más constantes y productivas.

### **Equity:**

Parte del capital de inversión inicial que no forma parte del monto del préstamo o que se encuentra hipotecado.

### **Factor de carga:**

Es la razón entre el consumo durante un periodo de tiempo específico y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima eléctrica instalada durante el mismo periodo.



**Factor de coincidencia:**

También se le denomina factor de simultaneidad, y representa el porcentaje de ocurrencia del caso de que todos los usuarios estén consumiendo la máxima potencia eléctrica instalada al mismo tiempo.

**Factor de reflectancia:**

Representa el porcentaje de radiación, en este caso solar, que puede reflejar determinada superficie bajo condiciones normales.

**Gigawatt-hora (GWh):**

Es una medida de energía eléctrica equivalente a la que desarrolla una potencia suministrada de mil megavatios (MW) durante una hora.

**Kilovoltio (kV):**

Es una medida del potencial eléctrico entre dos puntos y es equivalente a mil voltios.

**Kilowatt (kW):**

Medida de potencia activa instantánea y equivalente a mil vatios o watts.

**Kilowatt-hora (kWh):**

Es una medida de energía eléctrica equivalente a la que desarrolla una potencia suministrada de mil vatios (MW) durante una hora.

**Megawatt-hora (MWh):**

Es una medida de energía eléctrica equivalente a la que desarrolla una potencia suministrada de mil kilovatios (MW) durante una hora.

**Poder calorífico:**

Es la cantidad de energía por unidad de masa de materia que se puede desprender de un combustible al producirse una reacción química de oxidación (combustión).

**Potencia eléctrica instalada:**

Es la sumatoria de todas las potencias nominales de los componentes que forman una carga eléctrica conectada a cierto bus de generación o distribución.

**Sistema de Generación:**

Conjunto de maquinaria, instalaciones y equipo que consiste en transformar cualquier fuente de energía primaria o secundaria en energía eléctrica.

**Sistema de Transmisión:**

Sistema de transporte de energía eléctrica a través de largas distancias, se diferencia del sistema de distribución normalmente por su nivel de tensión elevado y en la cantidad de usuarios finales conectados directamente a las líneas.

**Sistema de Distribución:**

Sistema de reparto de energía eléctrica que se caracteriza por transportar energía eléctrica a través de distancias cortas a niveles de media tensión, se diferencia del sistema de transmisión por la cantidad de usuarios finales conectados en paralelo al bus de distribución.

**Tasa Interna de Retorno:**

Es la tasa de descuento que hace que los flujos de beneficios descontados sean (en valor presente) exactamente igual al monto de la inversión.

**Valor Actual Neto:**

Método de evaluación financiera que consiste en traer a valor presente todos los flujos de efectivo que un proyecto determinado genera y restarle la inversión inicial.