



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES  
ALTERNATIVAS EN HONDURAS**

**SUSTENTADO POR:**

**EDWIN GEOVANY ARAUJO NAVARRO**

**CESAR IVAN HERRERA MARTÍNEZ**

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

**TEGUCIGALPA, M.D.C.**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL, 2013**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO**

**SECRETARIO GENERAL**

**JOSÉ LESTER LÓPEZ PINEL**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**JEFFREY LANSDALE**

**GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES  
ALTERNATIVAS EN HONDURAS**

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

**ASESOR METODOLÓGICO**

**ALEXANDER CABRERA**

**ASESOR TEMÁTICO**

**JUAN RAMÓN RIVERA CERRATO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**JORGE ANTONIO CENTENO SARMIENTO**

**MARIO NOEL VALLEJO LARIOS**

## DEDICATORIA

### **César Herrera:**

A mis padres, José Iván Herrera (Q.E.P.D) y Carmen Suyapa Martínez, siempre han sido mi fuente de inspiración a través de sus consejos, valores, paciencia, perseverancia y motivación. Sin ellos no sería la persona que ahora soy.

A mi compañero Edwin Araujo, quien se animó a compartir conmigo su conocimientos, tiempo y esfuerzo en el desarrollo de esta investigación.

### **Edwin Araujo:**

A Dios:

Por ser mi creador, el amigo que nunca falla y la luz que guía mi camino.

A mis padres:

José Manuel Araujo (Q.E.P.D) y Sara Argentina Navarro, por siempre creer en mí y brindarme todo el apoyo necesario para culminar cada logro que he obtenido.

A mis hijos:

Sara y Edwin, por ser mi motivación y sobre todo ser el motor de mi vida para seguir adelante y nunca darme por vencido.

A mi novia:

Fanny G. Lau, por ser alguien muy especial en mi vida y por demostrarme que cuento contigo en todo momento.

A mis compañeros y maestros:

Por compartir sus experiencias y conocimientos.

A César Herrera:

Por el esfuerzo brindado para culminar este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que nada agradecemos a Dios por la oportunidad que nos ha brindado de aplicar los conocimientos que hemos adquirido a lo largo de nuestra carrera como estudiantes y como profesionales en el presente trabajo de investigación y por poner en nuestro camino a todas esas personas que colaboraron con nosotros.

Queremos agradecer infinitamente a nuestros asesores: Ing. Juan Ramón Rivera, por su gran apoyo en la parte técnica de nuestra investigación. PhD Arnoldo Sermeño, gracias por ser nuestro guía, por compartir su tiempo y conocimientos en el desarrollo de nuestra investigación. Ing. Alexander Cabrera, sus comentarios, indicaciones, reflexiones y críticas siempre oportunas nos han permitido mejorar tanto en nuestro trabajo final de investigación como en el resto de nuestros estudios de maestría.

También agradecemos a todas las personas que nos abrieron la puerta de sus casas y oficinas, dedicando parte de su tiempo en compartir con nosotros sus experiencias y conocimientos de manera desinteresada, sin su colaboración no hubiese sido posible el desarrollo de nuestra investigación.

# **FACULTAD DE POSTGRADO**

## **GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES ALTERNATIVAS EN HONDURAS**

### **AUTORES:**

**EDWIN GEOVANY ARAUJO NAVARRO**

**CESAR IVAN HERRERA MARTÍNEZ**

### **RESUMEN**

Este trabajo está orientado a investigar la explotación de los recursos renovables para la generación de energía en Honduras, identificando las fuentes de producción que se encuentran disponibles y analizando la forma en que estas están siendo aprovechadas. De esta manera se pueden formular diferentes propuestas para mejorar el aprovechamiento de dichos recursos.

El primer tema que se desarrolla en el trabajo es la matriz energética nacional, aquí se exponen las estadísticas de consumo y generación de energía en Honduras para conseguir una imagen apropiada de la composición de la matriz energética nacional. Durante el desarrollo del tema se revelan datos importantes acerca de la forma en que se genera la energía en el país y los usos que se le da a la energía en general. Aquí se detallan aspectos económicos y financieros derivados de la falta de diversificación de las fuentes de producción de energía explotadas en el país y el uso excesivo de combustibles fósiles para cubrir las necesidades energéticas. También se presenta una proyección de los indicadores económicos y las implicaciones financieras del uso de combustibles fósiles para la producción de energía en Honduras.

Más adelante se presentan los datos de capacidad instalada de las diferentes fuentes de producción de energía disponibles en Honduras y se comparan contra el potencial de generación identificado para mostrar el nivel de aprovechamiento de los recursos disponibles en el país e ilustrar las posibles oportunidades de diversificación. También

se exponen algunas de las principales aplicaciones para la generación de energía que pueden ser aprovechadas en Honduras para las principales fuentes renovables de producción de energía en el país. Estos datos son utilizados como base para la propuesta de aplicabilidad que incorpora un estudio de pre factibilidad para la implementación de un sistema de alumbrado público que utilice la tecnología de generación de energía con paneles solares fotovoltaicos para la iluminación del Anillo Periférico de Tegucigalpa con fondos provenientes de la ENEE.

## **GRADUATE SCHOOL**

# **GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE FUENTES ALTERNATIVAS EN HONDURAS**

### **AUTHORS:**

**EDWIN GEOVANY ARAUJO NAVARRO**

**CESAR IVAN HERRERA MARTÍNEZ**

### **ABSTRACT**

This work aims to investigate the exploitation of renewable resources for power generation in Honduras, identifying production sources that are available and analyzing how these are being exploited. This way you can make various proposals to improve the utilization of these resources.

The first subject that develops at work here is the national energy matrix; the statistics of consumption and energy generation in Honduras are exposed to get an image appropriate for the composition of the national energy matrix. During the development of the subject will reveal important facts about the way that generates energy in the country and the uses given to energy in general. Here are detailed economic and financial aspects resulting from the lack of diversification of energy sources exploited in the country and the excessive use of fossil fuels to meet the energy needs. It also presents a projection of economic indicators and the financial implications of the use of fossil fuels for the production of energy in Honduras.

Later presents installed capacity data of different sources of energy production in Honduras and compared against potential generation identified to show the level of utilization of available resources in the country and illustrate the potential diversification opportunities. It also outlines some of the main applications for the generation of energy that can be harnessed in Honduras for major renewable energy production in the country. This data is used as the basis for the proposed applicability that incorporates a

prefeasibility study for the implementation of a lighting system that uses the power generation technology with photovoltaic solar panels for lighting the Peripheral Ring funded Tegucigalpa from ENEE.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1	ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.3	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	5

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1	MATRIZ ENERGÉTICA EN HONDURAS.....	6
2.1.1	MATRIZ DE CONSUMO ENERGÉTICO EN HONDURAS.....	6
2.1.2	MATRIZ DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN HONDURAS.....	10
2.1.3	REPERCUSIONES ECONÓMICAS Y FINANCIERAS DERIVADAS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE HONDURAS.....	12
2.1.4	PROYECCIÓN GENERAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN HONDURAS.....	21
2.2	FUENTES DE ENERGÍA DISPONIBLES EN HONDURAS.....	25
2.2.1	RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA NO RENOVABLE.....	26
2.2.2	RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.....	26
2.2.2.1	Energía Solar.....	26
2.2.2.2	Energía Hidráulica.....	28
2.2.2.3	Energía Eólica.....	29
2.2.2.4	Energía Geotérmica.....	30

2.2.2.5	Energía a Base de Biomasa.....	30
2.2.3	POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS RENOVABLES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS .....	32
2.3	DIFERENTES APLICACIONES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES RENOVABLES EN HONDURAS.....	34
2.3.1	APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR .....	34
2.3.2	APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA .....	35
2.3.3	APLICACIONES DE LA ENERGÍA HÍDRICA .....	35
2.3.4	APLICACIONES DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA .....	36
2.3.5	APLICACIONES DE LA BIOMASA .....	37
 <b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>		
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	39
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.3	SUJETOS DE INFORMACIÓN .....	39
3.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	39
3.5	INSTRUMENTOS.....	40
3.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
 <b>CAPÍTULO IV. RESULTADO Y ANÁLISIS</b>		
4.1	PRINCIPALES FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DISPONIBLES EN HONDURAS .....	41
4.2	FORMA QUE ESTÁN SIENDO EXPLOTADAS LAS PRINCIPALES FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN HONDURAS .....	42
4.3	ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON LA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS RENOVABLES EN HONDURAS.....	44
 <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
5.1	CONCLUSIONES.....	47
5.2	RECOMENDACIONES .....	47

## CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

6.1	PROPUESTA: SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CON PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS EN EL ANILLO PERIFÉRICO DE TEGUCIGALPA. .	48
6.2	INTRODUCCIÓN.....	48
6.3	ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN.....	49
6.3.1	CONCEPTUALIZACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO.....	49
6.3.2	ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	50
6.3.3	RECURSOS DEL PROYECTO.....	50
6.3.4	ORIGEN DEL PROYECTO.....	50
6.3.5	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	51
6.3.6	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	51
6.3.7	CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO.....	52
6.3.8	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	52
6.3.9	ASPECTOS LEGALES.....	52
6.4	ESTUDIO DE MERCADO.....	53
6.4.1	DEFINICIÓN DEL SERVICIO.....	53
6.4.2	DEMANDA.....	54
6.4.2.1	Histórica y actual.....	54
6.4.2.2	Futura.....	54
6.4.3	OFERTA.....	54
6.4.4	PRECIO.....	55
6.4.5	COMERCIALIZACIÓN.....	55
6.5	ESTUDIO TÉCNICO.....	55
6.5.1	TAMAÑO DEL PROYECTO.....	56
6.5.2	LOCALIZACIÓN.....	56
6.5.2.1	Macro localización.....	56
6.5.2.2	Micro localización.....	57
6.5.3	TECNOLOGÍA.....	57

6.5.4	PROCESO .....	58
6.5.5	INGENIERÍA DE PROYECTOS .....	59
6.5.5.1	Instalaciones .....	59
6.5.5.2	Equipamiento .....	59
6.5.6	COSTOS.....	62
6.5.6.1	Costos de ejecución .....	62
6.5.6.2	Costos de operación .....	62
6.5.7	ORGANIZACIÓN.....	63
6.5.7.1	Organización de la ejecución .....	63
6.5.7.2	Organización de operación.....	63
6.5.8	PROGRAMACIÓN.....	64
6.5.8.1	Programación de la ejecución del proyecto.....	64
6.5.8.2	Diagrama de Gantt .....	65
6.6	ESTUDIO FINANCIERO .....	65
6.6.1	FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	66
6.6.2	FLUJOS DE FONDOS .....	66
6.6.3	INDICADORES.....	71
6.6.4	ANÁLISIS FINANCIERO .....	71
6.6.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	71
6.7	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO.....	73
6.7.1	COMPARACIÓN OBJETIVOS DEL PROYECTO Y OBJETIVOS SECTORIALES.....	73
6.7.2	DEFINICIÓN DE EXTERNALIDADES .....	74
6.7.3	VALOR AGREGADO.....	74
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	7
Tabla 2.....	10
Tabla 3.....	12
Tabla 4.....	13
Tabla 5 .....	15
Tabla 6 .....	16
Tabla 7 .....	16
Tabla 8.....	18
Tabla 9 .....	23
Tabla 10.....	29
Tabla 11.....	30
Tabla 12.....	32
Tabla 13.....	33
Tabla 14.....	34
Tabla 15.....	35
Tabla 16.....	36
Tabla 17.....	39
Tabla 18.....	41
Tabla 19.....	42
Tabla 20.....	44
Tabla 21.....	59
Tabla 22.....	63
Tabla 23.....	63
Tabla 24.....	64
Tabla 25.....	67
Tabla 26.....	67
Tabla 27.....	68
Tabla 28.....	68
Tabla 29.....	70
Tabla 30.....	70

Tabla 31.....	71
Tabla 32.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	6
Figura 2. ....	8
Figura 3.. ....	8
Figura 4. ....	9
Figura 5.. ....	11
Figura 6. ....	14
Figura 7 .....	20
Figura 8 .....	21
Figura 9. ....	22
Figura 10 .....	27
Figura 11 .....	33
Figura 12. ....	56
Figura 13. ....	57
Figura 14. ....	58
Figura 15. ....	65

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

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

La presente investigación tiene como objetivo estudiar la situación del sector energético de Honduras; determinar las capacidades de producción de energía en el país en base a las fuentes ya identificadas y detectar los principales factores que están causando la problemática energética.

En el capítulo II se expone la situación del país en materia energética, señalando los impactos económicos y financieros que se derivan de dicha situación y sus posibles repercusiones futuras. Luego se hace un reconocimiento de las principales fuentes de producción de energía que actualmente están siendo explotadas para conocer cuál es el potencial general identificado de generación energético del país y el grado en que estos recursos están siendo aprovechados actualmente; y finalmente se presenta un resumen de las principales aplicaciones para la generación de energía con fuentes renovables empleadas en Honduras.

En el capítulo III se establece la metodología utilizada en la investigación teniendo un enfoque mixto con un alcance descriptivo para analizar la situación energética de Honduras.

En el capítulo IV se exponen los resultados derivados del análisis combinado de las entrevistas realizadas a los expertos en materia energética de Honduras y la información recopilada dentro del marco teórico.

En el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones donde se señala lo más importante del desarrollo de la investigación.

En el capítulo VI se presenta un estudio de pre factibilidad para la implementación de un sistema de alumbrado público a base de energía solar fotovoltaica como medida para mitigar la actual crisis energética, impulsando la diversificación de las fuentes de producción de energía de los recursos renovables.

## 1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El ser humano ha dependido de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades de energía, la leña, el carbón, los desechos orgánicos, el agua, el viento, el sol, los animales de tiro y de carga como los bueyes, los caballos y hasta el mismo hombre fueron las fuentes principales de energía para el uso doméstico, industrial, agrícola y de transporte en diferentes etapas de la historia de la humanidad.

Nikola Tesla, el padre de la electricidad remota alertó sobre la escasez de los recursos energéticos cuando la industria del petróleo apenas empezaba a extenderse y prácticamente no existía lo que hoy conocemos como conciencia ecológica, advirtiendo sobre la necesidad de explorar otras fuentes de energía en principio inagotables, como la solar, la eólica o la geotérmica (Nikola, 2012).

En la actualidad el mundo se enfrenta a un problema energético general, pues las fuentes tradicionales de obtención de energía (petróleo y sus derivados, carbón y gas natural) han comenzado a disminuir y también se han registrado grandes variaciones en el costo de obtención de estos recursos. Los avances tecnológicos y la industrialización por su parte también generan un aumento en la demanda energética. La problemática en la producción de energía a base de fuentes tradicionales está provocando también efectos negativos en la economía y en el ambiente del planeta.

En el año 1956, el geólogo M. King Hubbert anunció en un encuentro del Instituto Americano del Petróleo que la mejor información disponible auguraba un cénit del petróleo no lejano y en particular un pico para los Estados Unidos en los años 1960-1970. A partir de aquel momento se han desarrollado numerosos trabajos que abordan la temática del pico o cénit del petróleo (Pelfini, Fulquet, & Beling, 2012).

A finales de la década de los setenta y durante los años ochenta del siglo pasado se realizaron y publicaron trabajos especializados que abordaban la problemática energética de respeto ambiental. De gran notoriedad fueron los trabajos del destacado físico soviético Piotr Leonidovich Kapitsa, quien se puso a la cabeza de quienes comprendieron que la energía es un problema global. Puede decirse que Kapitsa fue un

pionero en la promoción de la educación energética de respeto ambiental (Mendoza Rodríguez, Fernández Domínguez, & Arrastía Ávila, 2007).

En un artículo de mayo del 2005, el investigador Dale Allen Pfeiffer expone que al llegar al inevitable "pico del petróleo" y la correspondiente crisis energética y alimentaria a nivel mundial deberán tomarse acciones drásticas para mantener los mismos niveles de desarrollo que actualmente se observan. Él explica que EEUU tendrá que deshacerse en los próximos cincuenta años de 92 millones de personas si quiere mantener sus niveles de crecimiento y consumo, mientras que el resto del mundo deberá suprimir a 4,250 millones de seres humanos para lograr el mismo fin (Fernández Liria, Fernández Liria, & Zahonero, 2008).

En Honduras se han elaborado varias investigaciones con respecto a las políticas y medios de producción de energía alternativa como respuesta a la crisis energética. El Dr. Gustavo A. Pérez en el año 2010 realizó un trabajo sobre la explotación de fuentes de energía renovable para la producción de energía eléctrica, mientras tanto en el mismo año el Ing. Christian Cáliz presentó a la SERNA un plan energético nacional hasta el año 2030 para el gobierno de la República de Honduras bajo la coordinación del Dr. Wilfredo C. Flores. También el Lic. José Donald Ochoa elaboró junto con un equipo técnico un estudio para la evaluación del impacto de la producción y comercialización de biodiesel en el mercado de Honduras. Estos son algunos estudios que revelan los últimos esfuerzos realizados para poder mitigar la problemática energética en el país.

### 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad las fuentes principales de producción de energía a nivel mundial son a base de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados) cuya tendencia es convertirse en fuentes cada vez más costosas para producirla, principalmente para países como Honduras que debe importarlos. Además aunque se encontraran yacimientos petrolíferos o de gas en el futuro debe considerarse las repercusiones ambientales de su extracción.

Últimamente se habla mucho en el país de la creciente necesidad de explotar los recursos renovables existentes para producir energía, y diversificar así las fuentes de producción dentro de la matriz energética y disminuir tanto la dependencia de combustibles fósiles como las repercusiones económicas, financieras y ambientales de la utilización de estos.

#### 1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Puede mejorarse el aprovechamiento de los recursos renovables para la generación de energía en Honduras?

#### 1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las principales fuentes de producción de energía disponibles en Honduras?

¿De qué formas están siendo explotadas las fuentes de producción de energía disponibles en Honduras?

¿Qué aplicaciones alternativas de explotación de los recursos renovables para la producción de energía se están utilizando en Honduras?

### 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir a mejorar la forma en que están siendo aprovechados los recursos renovables para la generación de energía en Honduras.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las principales fuentes de producción de energía disponibles en Honduras.
- Determinar de qué forma están siendo explotadas las fuentes de producción de energía disponibles en Honduras.
- Identificar aplicaciones de energías alternativas que se están utilizando en Honduras.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo continuo de la urbanización, una población mundial en crecimiento, el aumento en la industrialización de los procesos productivos y un modelo de producción de energía que no cumple las exigentes expectativas del mundo ha desarrollado un consumo de energía que crece desmesuradamente, incrementando el precio de los pocos recursos fósiles que existen, los cuales actualmente son la principal fuente de energía del mundo convirtiéndose en el eje que sostiene la existencia de la humanidad. La escasez de dichos recursos para la producción de energía provocan un desequilibrio financiero y económico que aumenta el costo de la energía utilizada para la producción de todos los bienes y servicios en general, lo que contribuye a la inflación en todos los países que no producen este tipo de recursos fósiles.

El agotamiento progresivo del petróleo y del carbón que son algunas fuentes no renovables de las cuales se hace uso hoy en día para la generación de energía tiene también un alto costo social y ambiental. Ya son claramente perceptibles los efectos de contaminación que la explotación de estos recursos provoca en el planeta y sus efectos en la salud del ser humano.

Después de asumir el compromiso necesario para lograr cambiar el modelo de desarrollo actual de la producción de energía y tratar de encontrar un balance en el consumo energético, dos vías de solución parecen especialmente prometedoras para hacer frente a esta problemática: por una parte aprovechar más eficientemente la energía que se utiliza, y por otra parte, acudir a fuentes de producción de energía renovables.

La importancia de esta investigación radica en contribuir a alcanzar una solución a la actual problemática energética desarrollando un estudio de pre factibilidad de proyecto cuya aplicación ayude a mejorar la generación de energía en Honduras, contemplando el potencial de producción de energía de fuentes renovables que proporcionen a mediano y largo plazo mejoras económicas, financieras y sociales en general.

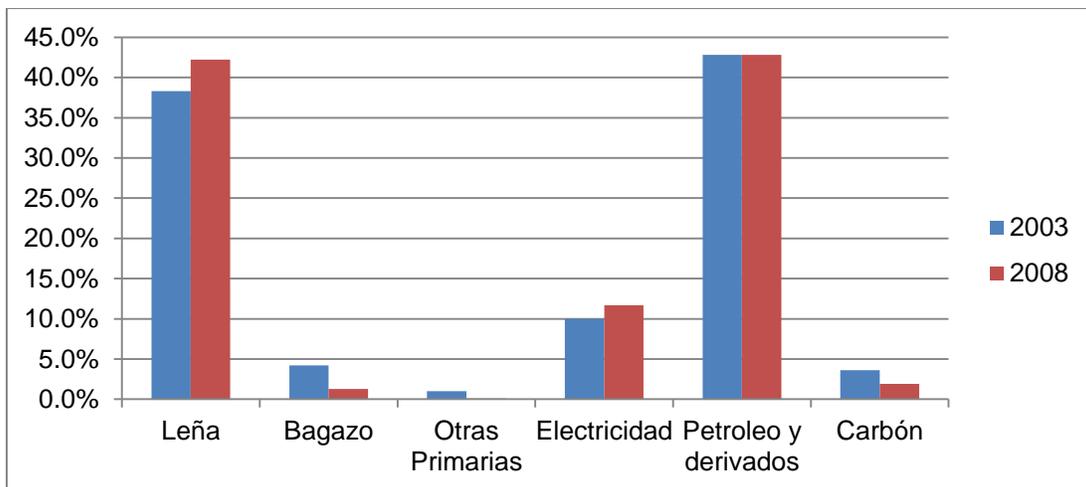
## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MATRIZ ENERGÉTICA EN HONDURAS

Para comprender el problema energético que enfrenta Honduras y los efectos derivados de éste debe estudiarse cómo se comportan los dos elementos principales del mercado de la energía en el país: la matriz de consumo de energía o demanda energética y la matriz de generación de energía u oferta energética.

#### 2.1.1 MATRIZ DE CONSUMO ENERGÉTICO EN HONDURAS

Honduras es un país cuya matriz energética se basa exclusivamente por el consumo de combustibles fósiles y el uso de biomasa como fuentes principales para la obtención de energía (Flores, 2010), tal y como se observa en la Figura 1.



**Figura 1. 2003 y 2008: Distribución del consumo final de energía en Honduras por fuentes.**

Fuente: (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008) y (GIZ, 2011).

La cifras que sobresalen son el 42.2% de participación de la leña y el 42.8% de participación del petróleo y sus derivados en la matriz energética de consumo, también hay que considerar que dicho porcentaje de participación del petróleo solo representa los usos finales y dentro de la generación de electricidad hay un alto porcentaje que también depende de estas fuentes que se obtienen en su totalidad de fuentes externas. En cuanto al uso de la leña se aprecia como dicho porcentaje ante el paso de los años

va en aumento dentro del Balance Energético Nacional y si se enfoca en el consumo residencial, se descubre que representa la fuente primaria de energía en los hogares y cuya aplicación es exclusivo para usos calóricos (básicamente la cocina) en una proporción muy significativa de los hogares (Flores, 2010).

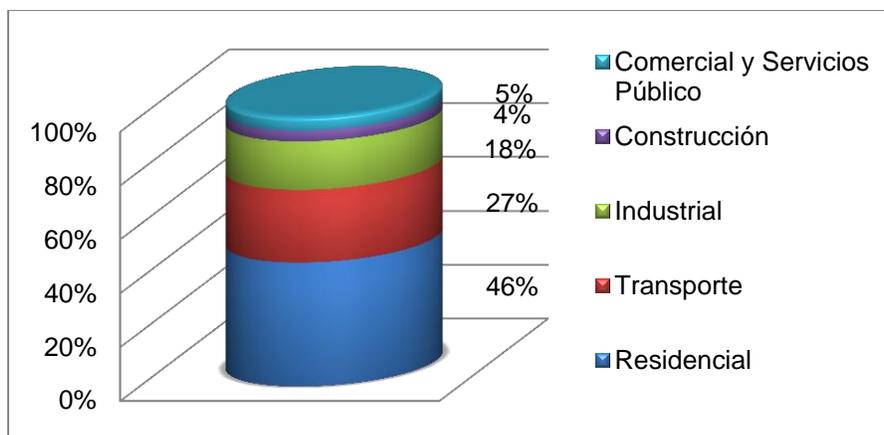
En cuanto al petróleo y sus derivados se puede destacar cómo el consumo pasó de ser 77% para el consumo final y 23% generación eléctrica en el año 1995; a 71% para consumo final y 29% de generación eléctrica durante el año 2011, donde la participación de generación con diesel ha disminuido sensiblemente y ha aumentado la generación con Fuel Oil (Bunker) (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008); tal y como se ilustra en la Tabla 1.

**Tabla 1. 1995-2011: Evolución de los consumos derivados del petróleo en Honduras.**

Consumo		Consumo Final								Generación Eléctrica			
Año	Total	Sub Total	Sub Total	GLP	Gasolina	Kero/jet	Diesel	Fuel Oil (Bunker)	Otros	Sub Total	Sub Total	Diesel	Fuel Oil (Bunker)
Miles de Barriles										Miles de Barriles			
1995	8,603	6,623	76.98%	258	1,900	580	3,134	691	60	1,981	23.02%	1,074	907
2000	10,302	8,176	79.36%	496	2,629	575	3,904	520	53	2,127	20.64%	206	1,921
2005	14,792	9,794	66.21%	785	2,761	459	5,061	676	53	4,997	33.79%	197	4,801
2006	16,000	11,346	70.91%	747	2,921	519	4,719	2,224	106	4,654	29.09%	211	4,443
2007	17,889	12,450	69.60%	857	3,607	724	5,491	1,727	44	5,440	30.40%	114	5,325
2008	17,935	12,427	69.47%	917	3,812	708	5,373	1,584	33	5,508	30.53%	123	5,385
2009	16,907	12,177	72.02%	857	4,094	733	5,141	1,272	81	4,730	27.98%	23	4,706
2010	17,714	13,073	73.80%	876	4,565	736	5,490	1,340	65	4,641	26.20%	22	4,619
2011	18,228	12,907	70.81%	946	4,323	744	5,258	1,501	136	5,321	29.19%	115	5,206

Fuente: (CEPAL, 2012).

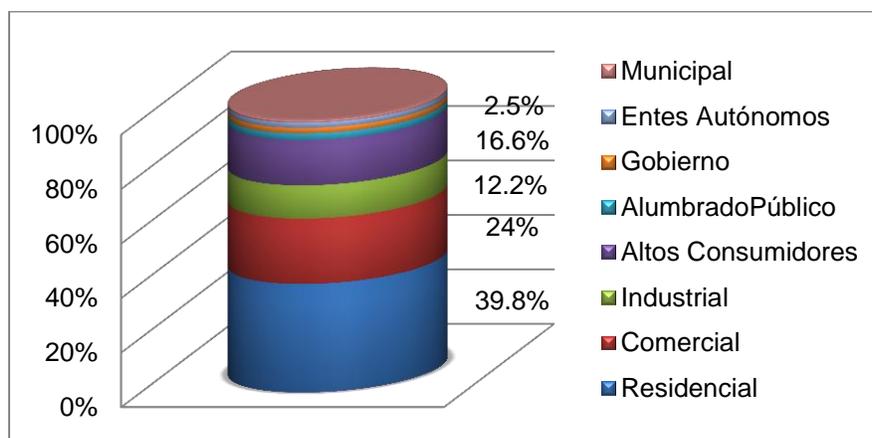
Revisando la demanda de energía por sector puede apreciarse que la mayor participación en cuanto al consumo de energía en Honduras está en los sectores residencial, con un 46% del total de energía consumida en el año 2008, y el sector transporte con una tasa del 27% del consumo de ese mismo año, a continuación en la Figura 2 se muestra la distribución del uso de energía en Honduras por cada uno de los sectores.



**Figura 2. 2008: Uso de energía en Honduras por sector.**

Fuente: (GIZ, 2011).

En cuanto al consumo de energía eléctrica se puede apreciar que el sector con mayor participación es el residencial con un 39.8% seguido del comercial con 24% y los altos consumidores con 16.6% tal y como lo muestra la Figura 3.



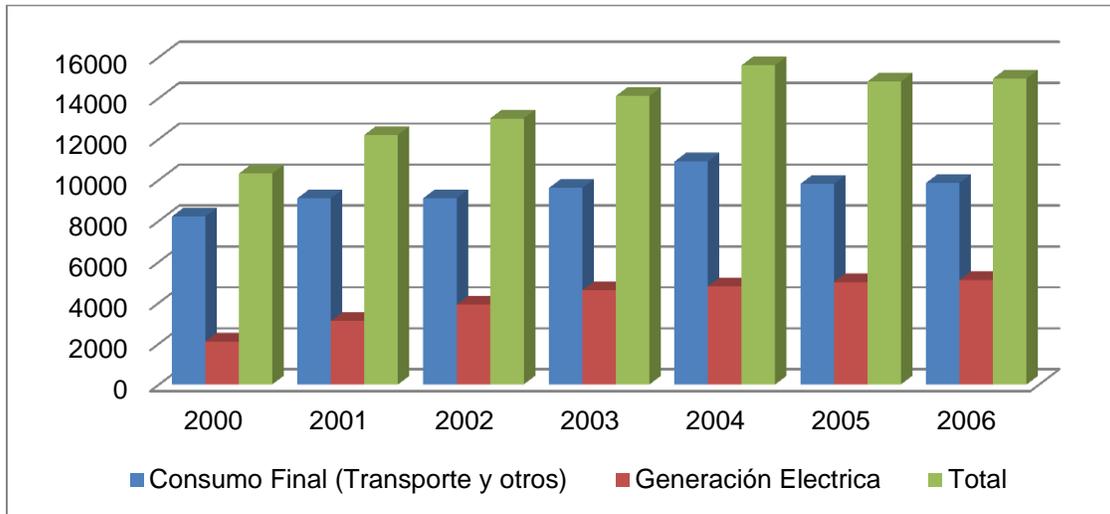
**Figura 3. 2012: Consumo de energía eléctrica por sector.**

Fuente: (ENEE, 2012).

En cuanto a la utilización de hidrocarburos (petróleo y sus derivados) por sector, según Flores (2010), el sector que mayor uso hace de esta fuente es el de transporte, con una utilización del 45% del total de hidrocarburos utilizados en el país, seguido del sector electricidad con un 31% del total. El restante 24% se distribuye en la utilización a nivel

industrial, residencial (usos diferentes a transporte) y comercial entre otros. Estos datos muestran de manera general para qué son utilizados los hidrocarburos como fuente de energía en Honduras.

En la Figura 4 se muestra como han sido utilizados los hidrocarburos durante el período 2000-2006.



**Figura 4. 2000-2006: Relación en uso de los derivados de petróleo en miles de barriles.**

Fuente: (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

A la luz de los datos anteriores se identifica la necesidad de implementar medidas de gestión de la demanda y de mejoras en eficiencia energética en general y de forma específica en el sector residencial, pues el consumo de energía en este sector representa más del 40% del consumo total (Flores, Rodas, & Rivas, 2010).

Otro de los datos a tomar muy en cuenta al analizar el comportamiento de la demanda de energía eléctrica es la cobertura del servicio eléctrico. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) la cobertura de este servicio a nivel nacional alcanzó en el año 2009 el 79.33% con una marcada tendencia creciente. Cabe mencionar que en Honduras la demanda de energía eléctrica es equivalente al consumo pues la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) compra la energía que alimenta el Sistema

Interconectado Nacional (SIN) de acuerdo al consumo de los abonados, por lo que la oferta (generación) es equivalente a la demanda (consumo) siempre que no haya racionamientos de energía eléctrica (INE, 2009).

En la Tabla 2 puede apreciarse la evolución en la cobertura del servicio eléctrico a nivel nacional, que ha pasado de servir al 45% de la población en el año 1995 al 80% al mes de junio de 2010.

**Tabla 2. Cobertura del servicio eléctrico en Honduras.**

<b>Año</b>	<b>Cantidad de Viviendas</b>	<b>Clientes Residenciales</b>	<b>% Cobertura Eléctrica</b>
<b>1995</b>	1009,802.00	455,344.00	45%
<b>1996</b>	1036,694.00	490,680.00	47%
<b>1997</b>	1063,726.00	529,340.00	50%
<b>1998</b>	1169,974.00	586,801.00	50%
<b>1999</b>	1195,341.00	617,982.00	52%
<b>2000</b>	1206,101.00	661,973.00	52%
<b>2001</b>	1235,529.00	710,124.00	57%
<b>2002</b>	1263,304.00	759,586.00	60%
<b>2003</b>	1299,021.00	806,563.00	62%
<b>2004</b>	1330,744.00	859,949.00	65%
<b>2005</b>	1362,727.00	906,641.00	67%
<b>2006</b>	1430,118.00	988,696.00	69%
<b>2007</b>	1490,517.00	1082,170.00	73%
<b>2008</b>	1524,128.00	1164,517.00	76%
<b>2009</b>	1557,698.00	1235,732.00	79%
<b>2010</b>	1574,442.00	1266,614.00	80%

Fuente: (Comisión Nacional de Energía, 2010).

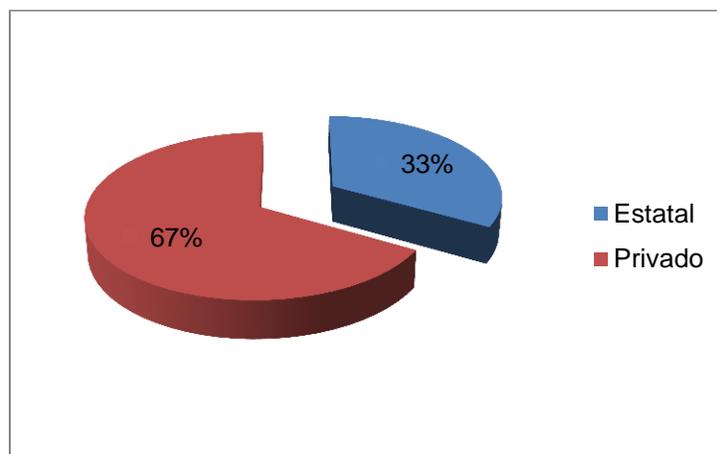
#### 2.1.2 MATRIZ DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN HONDURAS

A pesar de que el país no cuenta con reservas identificadas de recursos fósiles como el carbón y el petróleo, este tipo de recursos son utilizados ya sea en generación eléctrica o en usos finales importándolos del extranjero tal y como se pudo observar en la Tabla 1, por lo que la matriz de generación de energía en Honduras se centra en la

utilización de biomasa para usos caloríficos en los hogares y la generación de energía eléctrica.

Los elementos que conforman el parque de generación que alimenta el Sistema Interconectado Nacional (SIN) son: fuentes hidroeléctricas, turbinas de vapor, turbinas de gas y motores de combustión interna (ENEE, 2012). Existen 41 centrales de las cuales 9 son públicas y 32 son privadas. Todas ellas alcanzan una capacidad instalada de generación eléctrica que asciende a 1,579.7 MW. El 67% de esta capacidad instalada de generación proviene de las plantas del sector privado que tienen contrato de venta de energía con la ENEE y el restante 33% corresponde a la generación eléctrica estatal (Figura 5). Visto desde el punto de vista del método de generación se observa que el componente térmico de la matriz de generación es muy alto, alcanzando 66.2% de la generación total distribuido de la siguiente forma: centrales a base de diesel (61.8%), centrales a base de vapor (0.8%) y centrales de cogeneración (3.6%). Sobresalen dos actores principales: Lufussa y Enersa.

El restante 33.8% de la generación correspondió a hidroelectricidad y se distribuye de la siguiente manera: La estatal ENEE es responsable de la mayor parte de generación hidroeléctrica (29.4%) y el resto corresponde al sector privado (4.4%) mediante la generación de 12 centrales con capacidades que van desde 0.5 MW hasta 12.8 MW.



**Figura 5. Energía generada para el SIN según naturaleza en el año 2012.**

Fuente: (ENEE, 2012).

A continuación en la Tabla 3 se aprecia el porcentaje de energía generado por plantas estatales y privadas para el SIN durante el período 2000-2012. Puede distinguirse en el Anexo 1 cómo la generación eléctrica estatal está representada mayormente por la fuente hídrica, mientras que la generación privada es liderada por la fuente térmica (derivados de petróleo, gas y carbón) pero con un pequeño aumento en la participación de fuentes renovables (hídrica y biomasa). En la Figura 5 puede apreciarse cómo la generación de energía del sector privado es la de mayor participación en el mercado nacional con 67%, aportando el Estado el restante 33% de generación.

**Tabla 3. Porcentaje de energía generado para el SIN por año.**

<b>Año</b>	<b>Plantas Estatales</b>	<b>Plantas Privadas</b>
<b>2000</b>	64.14%	35.86%
<b>2001</b>	63.98%	36.02%
<b>2002</b>	56.54%	43.46%
<b>2003</b>	56.48%	43.52%
<b>2004</b>	46.06%	53.94%
<b>2005</b>	38.58%	61.42%
<b>2006</b>	38.05%	61.95%
<b>2007</b>	37.55%	62.45%
<b>2008</b>	36.98%	63.02%
<b>2009</b>	36.68%	63.32%
<b>2010</b>	36.58%	63.42%
<b>2011</b>	33.23%	66.77%
<b>2012</b>	33.04%	66.96%

Fuente: Elaboración propia con datos de Anexo 1.

### 2.1.3 REPERCUSIONES ECONÓMICAS Y FINANCIERAS DERIVADAS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE HONDURAS

Las repercusiones económicas y financieras de la actual matriz energética del país provienen de la alta dependencia de los combustibles fósiles para el consumo final y para la generación de energía eléctrica, tal y como se evidenciara a continuación.

En primer lugar, es necesario conocer los costos de producción de energía eléctrica en Honduras. En la Tabla 4 se presentan dichos costos para cada una de las fuentes

principales. Ahí puede apreciarse que los costos de producción de energía de fuentes renovables son en general menores que los costos por generación térmica (combustibles fósiles), los valores menores se encuentran en la generación hidráulica y en el uso de biomasa.

**Tabla 4. Costos de producción de energía.**

<b>Tipo de Tecnología de Generación</b>	<b>Rango de Costos (US\$/kWh)</b>
Turbina de Gas	0.1676-0.2312
Ciclo Combinado	0.1684-0.1998
Motor de Media Velocidad	0.1244-0.1878
Carbón	0.1170-0.1640
Geotermia	0.0875-0.1097
Hidroelectricidad	0.0698-0.1365
Eólica	0.1425-0.2384
Biomasa	0.0437

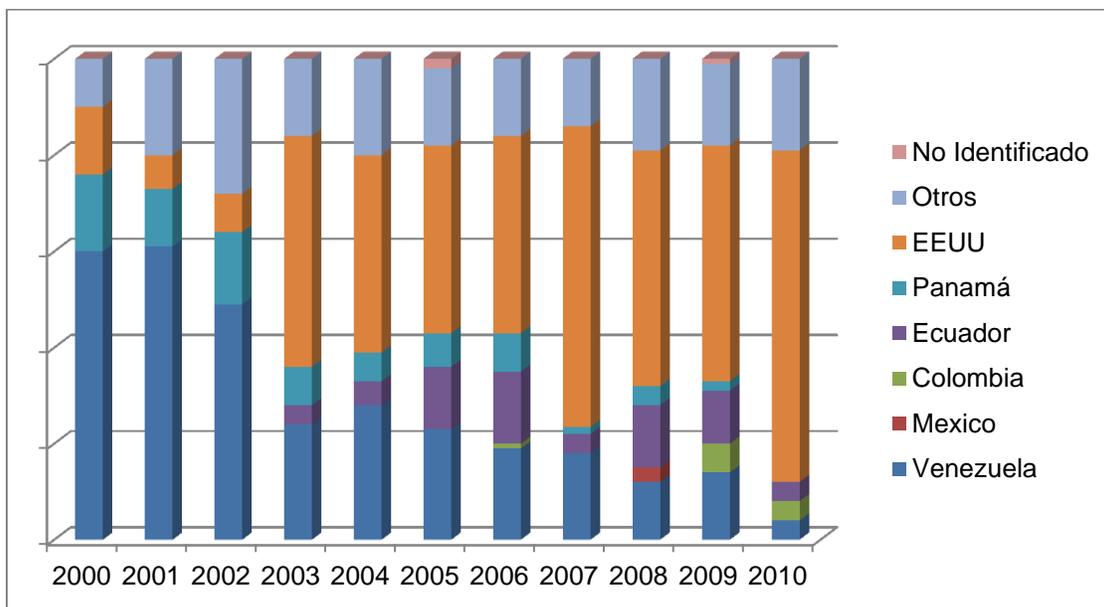
Fuente: (Pampagrass, 2009).

Estos datos evidencian que la generación de energía eléctrica por fuentes renovables en el país resulta más económica que la de fuentes fósiles, pero el 67% de la generación de energía eléctrica en Honduras proviene de las fuentes menos económicas de generación.

La elevada dependencia de los combustibles importados para la generación de energía en el país que fue ilustrada anteriormente implica una alta relación con los actuales precios internacionales del petróleo y sus derivados, constituyendo una factura estimada en aproximadamente 480 millones de dólares durante el año 2003 representó 15.7% del total de las importaciones, más de 48% del déficit del balance comercial y equivalente a cerca del 8% del valor del PIB de ese mismo año. Estos porcentajes muestran la relevancia macroeconómica de la mencionada dependencia energética (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

Realizando el mismo análisis con datos al 2010 según BCH (2012) y el INE (2012) se determina que la factura estimada de importación de carburantes asciende a 1,676 millones de dólares y representa el 16.78% del total de las importaciones y el 10.68% del PIB.

Según Flores (2010), los altos niveles de consumo de combustible derivados del petróleo, que se importa principalmente de EUA, Ecuador y Venezuela; como puede observarse en la Figura 6 en su mayoría se deben al consumo en el transporte y a la generación de electricidad. Del 2007 al 2011 la factura petrolera pasó de USD 1,085 a USD 1,676 millones, respectivamente, pasando por su pico más alto en el año 2009, descendiendo en el 2010 y desde ahí con una tendencia al alza tal y como se refleja en la Tabla 5.



**Figura 6. 2000-2010: Procedencia de las importaciones de hidrocarburos para Honduras.**

Fuente: (CEPAL, 2012).

**Tabla 5. Valor CIF de las importaciones de combustible por año (Cifras en miles de dólares) según tipo de producto y su variación porcentual con respecto al año anterior.**

Producto	Año					Variación %			
	2007	2008	2009	2010	2011	2008/07	2009/08	2010/09	2011/10
<b>Gasolina Superior</b>	203,695	243,630	248,893	163,885	323,352	19.6	2.2	-34.2	97.3
<b>Gasolina Regular</b>	45,948	86,335	192,823	129,240	160,946	87.9	123.3	-33.0	24.5
<b>Diesel</b>	374,983	440,329	706,972	361,047	466,429	17.4	60.6	-48.9	29.2
<b>Kerosina</b>	28,628	31,778	51,640	25,090	28,632	11.0	62.5	-51.4	14.1
<b>Fuel Oil</b>	341,517	396,031	580,236	340,309	395,652	16.0	46.5	-41.3	16.3
<b>Av Jet</b>	16,559	26,459	39,079	15,328	32,257	59.8	47.7	-60.8	110.4
<b>Av Gas</b>	2,445	2,752	2,949	2,747	2,586	12.6	7.2	-6.8	-5.9
<b>L.P.G.</b>	65,644	144,514	252,345	209,540	262,951	120.1	74.6	-17.0	25.5
<b>Asfalto</b>	6,254	3,866	4,065	3,029	4,027	-38.2	5.1	-25.5	32.9
<b>Total</b>	1,085,673	1,375,694	2,079,001	1,250,215	1,676,831	26.7	51.1	-39.9	34.1

Fuente: (INE, 2012).

Honduras mantuvo un crecimiento económico sostenido entre 2004 y 2007, período durante el cual el PIB real creció anualmente con tasas mayores al 6%. En 2007 la tasa de crecimiento real del PIB alcanzó 6.3%; sin embargo, a partir de los años siguientes la economía hondureña inició un proceso de desaceleración que se evidenció en un crecimiento de tan solo 4% en 2008 para finalmente decrecer en 2009 hasta llegar a 1.9%. Las causas de este fenómeno han sido: un entorno externo desfavorable, el incremento en los precios del petróleo y de los alimentos (lo cual disparó la inflación y deterioró las cuentas externas), y las condiciones de incertidumbre nacional que derivaron en la reducción de los flujos de inversión extranjera directa, menor grado de cooperación internacional y la contracción de la demanda efectiva (Guerrero, Focke, & Cueva Armijo, 2011). En la Tabla 6 se observan los valores del PIB de Honduras para el período 2000-2011.

**Tabla 6. PIB Anual a precio de mercado (millones de lempiras) y variación porcentual relativa.**

<b>Año</b>	<b>PIB</b>	<b>Variación Relativa</b>
<b>2000</b>	106,654	
<b>2001</b>	118,415	11.0%
<b>2002</b>	129,167	9.1%
<b>2003</b>	142,818	10.6%
<b>2004</b>	161,507	13.1%
<b>2005</b>	183,747	13.8%
<b>2006</b>	206,288	12.3%
<b>2007</b>	233,567	13.2%
<b>2008</b>	262,417	12.4%
<b>2009</b>	275,632	5.0%
<b>2010</b>	299,286	8.6%
<b>2011</b>	334,396	11.7%

Fuente: (BCH, 2012).

Con los datos anteriores se aprecia cómo en el año 2011 la importación de combustibles fósiles alcanzó valores que equivalen al 9.65% del PIB; y si se compara con el crecimiento de la factura petrolera (54.45%) y el crecimiento en el PIB (3.2%) del país puede observarse una enorme descompensación en cuanto al crecimiento del costo más importante de generación de riqueza en el sector industrial comparado con el crecimiento de dicha riqueza; este análisis solo muestra en pequeña medida la magnitud del problema económico que se enfrenta. En la Tabla 7 puede apreciarse la relación entre la factura petrolera y el PIB en los últimos años y el resto de indicadores de la industria del petróleo en el país.

**Tabla 7. 1990-2011: Indicadores de la industria petrolera para Honduras.**

<b>Año</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Relación factura/PIB (%)</b>	4.21%	4.34%	4.99%	8.54%	11.26%	13.96%	8.57%	10.93%	13.36%
<b>Factura per Cápita</b>	37.40	41.50	57.60	106.50	161.00	211.60	130.50	174.50	223.40
<b>Consumo per Cápita</b>	1.07	1.53	1.64	2.14	2.49	2.44	2.25	2.32	2.33
<b>Intensidad Petrolera</b>	1.19	1.60	1.43	1.71	1.74	1.61	1.48	1.45	1.39
<b>Emisiones per Cápita</b>	0.45	0.63	0.67	0.89	1.04	1.02	0.93	0.96	0.97
<b>Intensidad de emisiones</b>	498.50	661.50	584.10	717.30	728.50	673.10	612.70	599.20	577.90

Fuente: (CEPAL, 2012).

Al analizar los indicadores de la Tabla 7 se revela la creciente dependencia de los derivados del petróleo para la producción de energía en Honduras.

Abordando el problema del abastecimiento de petróleo desde el punto de vista macroeconómico se observa que en gran medida los aumentos en los costos de producción tiene una relación directa con el precio del petróleo y sus derivados. Estos precios afectan financieramente de forma directa a dos de los principales factores de producción: Transporte y Energía Eléctrica (Pampagrass, 2009).

Con relación al subsector electricidad, según describen Negri & Morales (2008), el principal agente de la industria eléctrica de Honduras es la ENEE con un dominio total de las actividades de distribución y transmisión, además es el único comprador de la producción de electricidad a nivel nacional. Con el paso de los años dicha empresa ha tenido un deterioro tanto financiero como administrativo que la ha convertido en una carga económica para el Gobierno Central. Una de las razones principales del deterioro financiero de la ENEE se debe a la postergación de ajustes tarifarios (subsidios), los que son producto directo de la mayor participación de producción termoeléctrica y de los incrementos de los precios de los derivados del petróleo. Las tarifas actuales de la ENEE cubren solamente el 81% del costo económico del servicio eficiente. En la Tabla 8 se muestra la estructura de costos y tarifas por consumo de energía de la ENEE para el año 2010.

**Tabla 8. Costos de producción de energía y tarifa por sector de consumo año 2010.**

Precio de compra de energía		Costo de electricidad por sectores de consumo			
Tecnología	Costo Promedio US\$/kWh	Tarifa	Sector	Costo Unitario US\$/kWh	Cargo Demanda Máxima (US\$/kWh)
<b>Térmico</b>	27.28	<b>A</b>	Residencial	16.35	N/A
<b>Hidroeléctrico</b>	7.65	<b>B</b>	Comercial	19.61	N/A
<b>Biomasa</b>	8.07	<b>C</b>	Industrial Pequeño	12.36	5.86
<b>Eólico</b>	12.43	<b>D</b>	Altos Consumidores	11.57	7.72
		<b>E</b>	Gobierno	19.66	N/A
		<b>F</b>	Municipal <2500	18.03	N/A
		<b>G</b>	Municipal >2500	19.3	N/A
		<b>H</b>	Zona de Inversión	9.62	6.43
		<b>I</b>	Interrumpibles	9.62	6.43

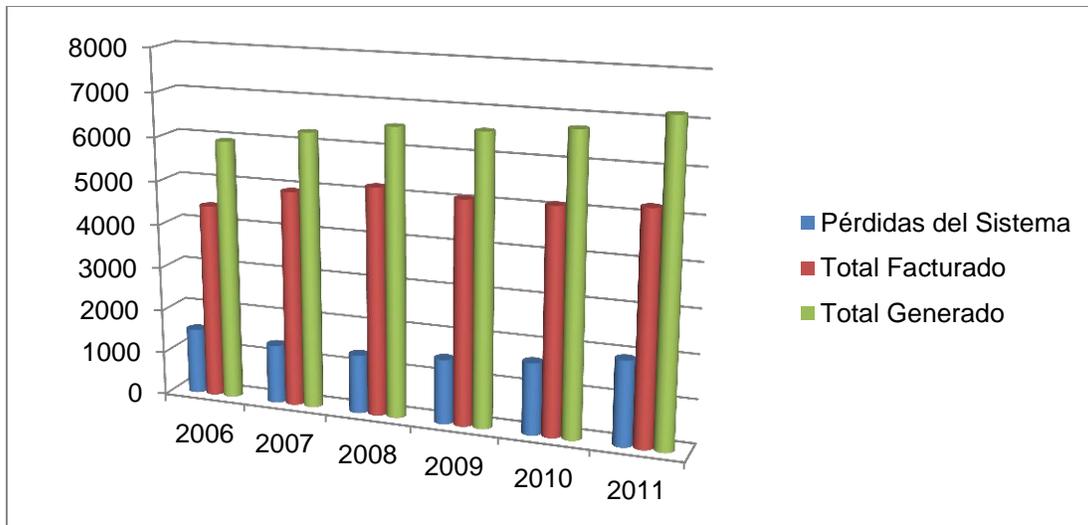
Fuente: (CNE, 2012).

Dado que los precios del mercado mundial del petróleo y sus derivados presentan un alto grado de variabilidad e incertidumbre en los últimos años se agrava más la situación de precios en el subsector eléctrico hondureño, lo que se traduce generalmente en un impacto negativo en los sectores productivos y en la débil economía de la población en general. Existe una significativa diferencia entre los precios de compra de generación termoeléctrica y la generación renovable en Honduras. De acuerdo a la Ley Marco del Subsector Eléctrico, las tarifas reflejarán el costo marginal del suministro y el Valor Agregado de Distribución (VAD) y serán estructuradas de manera que promuevan el uso eficiente y económicamente equitativo de la energía eléctrica. Un elemento a considerar es que el gobierno otorga una compensación social (subsidio) directo en el sector residencial de consumo, es decir, están exentos de pago aquellos usuarios residenciales cuyo consumo es menor o igual a 150 kWh al mes. Con las elevadas facturas de energía termoeléctrica que enfrenta el gobierno y la política de subsidio de pago a la energía para usuarios con consumos menores a 150 kWh-mes, que representan alrededor de 600,000 abonados, solo se logra deteriorar aún más la salud financiera del gobierno, esto sin mencionar que aplicando subsidios a los niveles de consumo no solo se logra beneficiar a las personas

de escasos recursos sino que también algunos consumidores que tienen la capacidad de pagar su factura completa (CNE, 2012).

Con una demanda por energía eléctrica para el período de 1985-2005 que presentó una tasa promedio de crecimiento de 7.9%, para conseguir acompañar un crecimiento económico anual de 5% o más, el país tendría que prepararse para enfrentar tasas de crecimiento de la demanda de energía eléctrica de 7% o más al año. Lo que significaría un crecimiento de la demanda de entre 75 MW y 180 MW para el período 2007-2020. Para cubrir las necesidades de infraestructura eléctrica y ampliar de esa forma la cobertura del servicio, se requerirá de una cantidad superior a los 2,400 millones de dólares para el período 2005-2020 (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

Otro factor de preocupación es la evolución creciente de las pérdidas de electricidad, técnicas y no técnicas, que llegaron a valores de 23.3% en 2005, 25% en 2006 y llegan a representar el 26% del total generado en el año 2011. Se estima que los ajustes tarifarios a los términos establecidos en la Ley y la reducción en las pérdidas eléctricas a un nivel del 13%, permitirían a la ENEE contar con al menos 150 millones de dólares anuales, cifra que posibilitaría el financiamiento de programas de energización rural y permitiría liberar valiosos recursos al gobierno para los programas de reducción de la pobreza y el hambre. En los programas de energización social se cuenta con datos que indican un crecimiento relativo tal y como se observó anteriormente en la Tabla 2 (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008). En la Figura 7 se presenta la evolución de las pérdidas de energía eléctrica (técnicas y no técnicas) durante el período 2006-2011.



**Figura 7. 2006-2011: Generación de energía eléctrica y pérdidas del sistema en GWh.**

Fuente: (ENEE, 2012).

Uno de los aspectos que debe tomarse en cuenta al analizar los sistemas de distribución de energía eléctrica en Honduras en cuanto a las pérdidas técnicas son los sistemas de alumbrado público, tal y como indica el Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América (2012), “el sistema de alumbrado público en Tegucigalpa permanece encendido las 24 horas del día en varios puntos de la capital, lo que encarece aún más la factura petrolera situación ilustrada en el Anexo 10. El desorden y el derroche del servicio están a la orden del día en los principales Bulevares y el Anillo Periférico”.

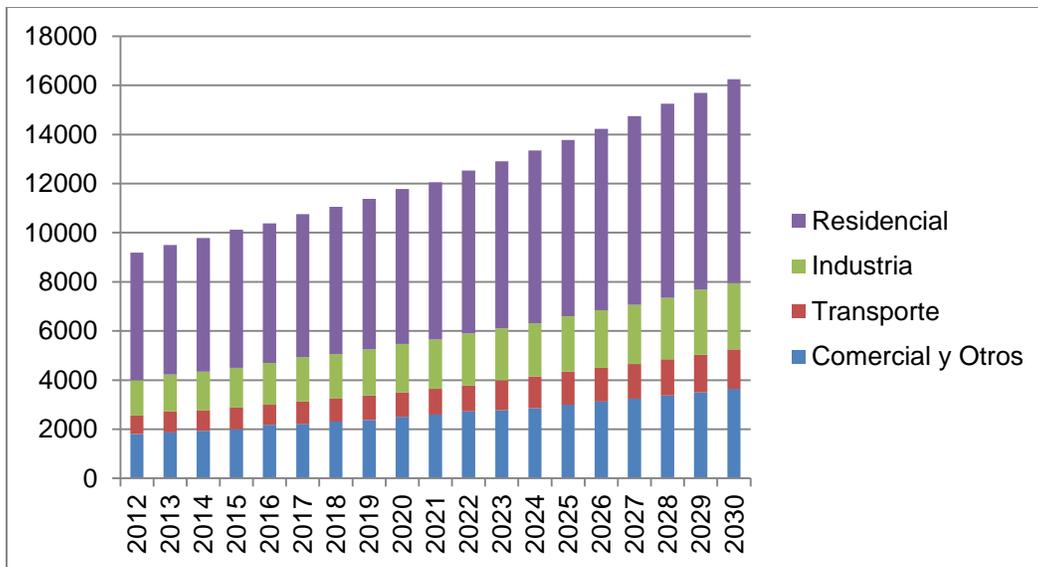
Según datos de la ENEE (2012), en el país los sistemas de alumbrado público consumieron durante el año 2012 la cantidad de 125.3 GWh, 0.7 GWh más que en 2011 y aproximadamente el 2% del consumo general de energía eléctrica en el país. Este consumo de energía representa 453 millones de lempiras de ingreso para la ENEE en el año 2012 lo que significa que con un sistema eficiente de alumbrado público en el país podría generarse la misma cantidad de ingresos para el país pero con un consumo de energía menor, lo que se traduce en beneficios económicos mayores para la ENEE logrando eficiencia energética.

Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América (2012), indica que según estudios realizados por la ENEE más del 65% del sistema de alumbrado público en Honduras presenta deficiencias de funcionamiento.

#### 2.1.4 PROYECCIÓN GENERAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN HONDURAS.

El escenario que se trata de crear a continuación es una imagen de los indicadores energéticos en el futuro, considerando proyecciones generales basadas en diferentes fuentes. Por lo tanto los escenarios pueden ser varios si se toman en cuenta diferentes proyecciones que contemplen elementos diferentes en sus cálculos (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

Para realizar el análisis de las futuras implicaciones del comportamiento de la energía en Honduras se toman en cuenta dos elementos claves: proyección de la demanda de energía y la proyección de los precios internacionales del petróleo y sus derivados. La proyección de la demanda por sector se muestra a continuación en la Figura 8.

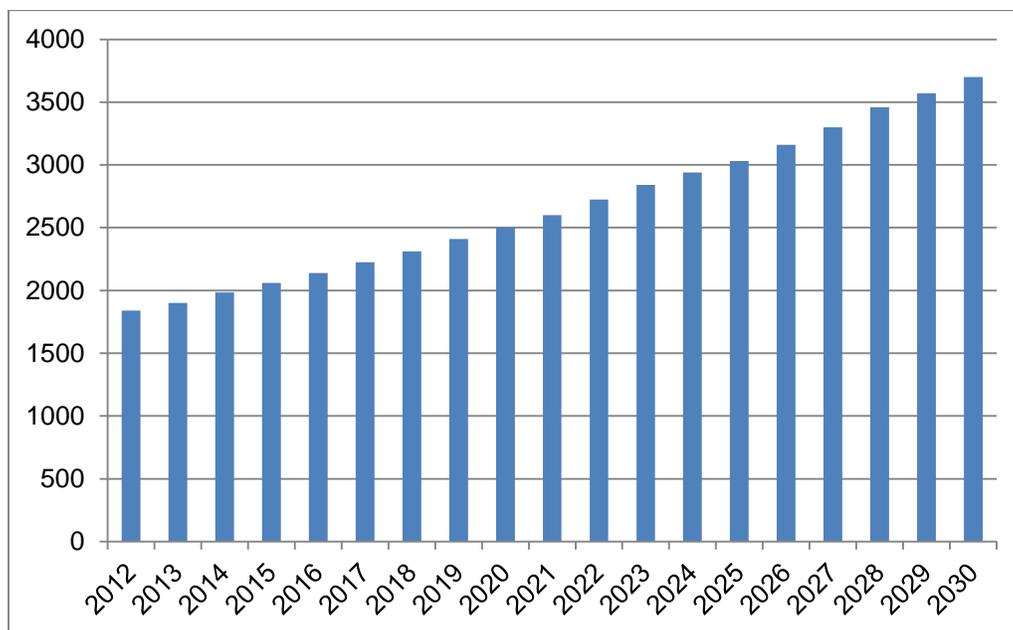


**Figura 8. 2012-2030: Demanda total proyectada de energía en Honduras por sector de consumo en MW.**

Fuente: (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

Tal y como se observa en los datos de Negri de Magalhaes & Morales Udaeta (2008), para el año 2030 se espera que la demanda de energía para todas las fuentes crecerá más del 56% con respecto al año 2012, con un porcentaje de participación mayoritario para el sector residencial a lo largo de todos los años. Como se describió anteriormente la fuente de energía con mayor participación en la matriz de consumo corresponde al petróleo y sus derivados con 42.8% y la biomasa con 42.2% (como se observa en la Figura 1) y su utilización es mayormente en el sector residencial, por lo que interesa conocer ahora la demanda total de energía eléctrica pues está en combinación con la demanda de energía en el sector transporte revelará la proyección de las necesidades de petróleo y sus derivados para el año 2030. La demanda del sector transporte, cuya fuente principal son los derivados del petróleo, proyecta un incremento de más de 110%.

En la Figura 9 se ilustra el comportamiento de la demanda de energía eléctrica para el período 2012-2030.



**Figura 9. 2012-2030: Demanda de electricidad proyectada en GWh.**

Fuente: (Negri de Magalhaes & Morales Udaeta, 2008).

Puede apreciarse que la demanda de energía eléctrica pronosticada para el año 2030 aumentará en 100% con respecto a la demanda del año 2012 y, de permanecer la misma distribución en la matriz energética nacional, esto se traduciría en un incremento del 100% en la demanda de petróleo y sus derivados para la generación de energía eléctrica.

Las necesidades de energía del país no son las únicas que muestran tendencias ascendentes: según datos de la Administración de información de Energía de los Estados Unidos (2012), (EIA, por sus siglas en inglés), los precios internacionales del petróleo y sus derivados también presentan proyecciones a la alza, tal y como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9. Proyección de los precios internacionales del petróleo.**

Año	Petróleo crudo por barril	LPG	Gasolina de motor	Combustible Jet	Petróleo destilado Diesel	Residuos de petróleo	Residuos de petróleo (2010 dólares por barril)	%
2012	99.08	1.65	3.30	2.93	3.72	2.32	97.57	3.10
2013	106.64	1.87	3.29	2.92	3.36	2.53	106.29	3.06
2014	110.90	1.91	3.44	3.09	3.57	2.72	114.12	3.22
2015	113.97	1.95	3.54	3.21	3.69	2.85	119.50	3.32
2016	111.53	1.91	3.57	3.26	3.74	2.89	121.48	3.35
2017	113.12	1.93	3.62	3.32	3.80	2.95	123.87	3.39
2018	113.75	1.93	3.65	3.34	3.84	2.97	124.89	3.41
2019	114.63	1.94	3.68	3.37	3.86	3.01	126.27	3.43
2020	115.74	1.95	3.71	3.41	3.89	3.04	127.68	3.46
2021	116.81	1.97	3.73	3.44	3.93	3.06	128.72	3.48
2022	118.25	2.00	3.75	3.47	3.96	3.12	130.89	3.50
2023	119.27	2.02	3.78	3.50	3.99	3.15	132.27	3.53
2024	120.26	2.03	3.81	3.53	4.03	3.17	133.09	3.56
2025	121.21	2.05	3.85	3.57	4.09	3.19	133.95	3.60
2026	121.96	2.06	3.88	3.60	4.13	3.19	133.77	3.63
2027	122.64	2.08	3.87	3.63	4.12	3.18	133.41	3.63
2028	123.52	2.09	3.90	3.65	4.15	3.20	134.51	3.65
2029	125.10	2.11	3.93	3.69	4.19	3.21	134.95	3.68
2030	126.51	2.14	3.97	3.72	4.23	3.22	135.33	3.72

Fuente: (EIA, 2012).

Las proyecciones para los precios del petróleo indican un aumento en el precio internacional del crudo para el año 2030 de más del 27.9% con respecto al año 2012.

Haciendo una proyección sobre el comportamiento, uso y precios del petróleo y sus derivados en Honduras se podría generar el siguiente escenario:

El consumo de petróleo y sus derivados en la matriz energética según datos extraídos de la Tabla 1 está dividido de la siguiente manera: generación de energía eléctrica 29.19% y usos finales 70.81% durante el año 2011, si ese porcentaje de participación se mantiene constante durante el período 2012-2030 puede hacerse el siguiente análisis:

- Factura de Importación de petróleo y sus derivados: \$1,676 millones (Tabla 6).
- Valor de la Generación Eléctrica: 29.19% de 1,676 millones que equivale a \$ 489.22 millones.
- Valor de los Usos Finales: 70.81% de 1,676 millones que equivale a \$1,186.77 millones.
- Proyección de Generación Eléctrica: 489.22 multiplicado por 2 (100% de aumento en la demanda eléctrica) y luego por 1.276 (27.6% de incremento en los precios) da un total en generación eléctrica de \$1,248.48 millones.
- Proyección de Usos Finales: 1,186.77 multiplicado por 2.10 (110% aumento en usos finales diversos) y luego por 1.276 (27.6% de incremento en los precios) da un total en usos finales de \$ 3,180.06 millones.
- Total de la factura petrolera proyectada a 2030: \$1,248.48 (factura de generación eléctrica) más \$3,180.06 millones (factura de usos finales) da un total de \$4,428.54 millones.

En resumen, el país estaría pagando en el año 2030 por importación de petróleo y sus derivados alrededor de \$4,428 millones, valor que es equivalente a más del 26.32% del PIB del país durante el 2011 según Tabla 7. Si se toma en cuenta el crecimiento económico promedio del país en los últimos años, el cual no supera el 4% desde el año 2008 se puede tener una idea de la grave problemática que podría enfrentar el país

dentro de los próximos años y se revela la necesidad de diversificar las fuentes de generación de energía aumentando la explotación de los recursos nacionales.

## 2.2 FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DISPONIBLES EN HONDURAS

A continuación se mostrará un desglose detallado de las capacidades de generación de energía del país para obtener una idea clara de cómo se podría hacer frente a las actuales y futuras necesidades de energía del país expuestas anteriormente.

Honduras en la actualidad obtiene energía principalmente de tres fuentes diferentes: Hidrocarburos (Petróleo y sus derivados), Hídricas y Biomásas. Esto no quiere decir que Honduras no cuenta con otros recursos que puedan ser aprovechados para la producción de energía (PNUD, 2010).

Es importante recalcar que gran parte de la energía utilizada en el país proviene de fuentes fósiles como el carbón y los hidrocarburos (petróleo y sus derivados), ya sea para la generación de energía eléctrica o para su utilización en el sector de transporte. Sin embargo, al no disponer Honduras de reservas para la obtención de este tipo de recursos, el país se ve en la necesidad de importarlos. El problema del abastecimiento de petróleo constituye el obstáculo energético más importante del país, pues salvo pequeñas reservas en Guatemala y Belice, el Istmo Centroamericano no posee hasta el momento reservas comprobadas de petróleo. Ello establece una relación de alta dependencia energética de fuentes de energía foránea, de mantenerse la actual matriz energética. Honduras es un importador neto de combustibles derivados del petróleo, principalmente de EUA (78%), Ecuador (13%) Colombia (7%) y Venezuela (2%) (CEPAL, 2012).

A continuación se detallan todos los recursos que en la actualidad han sido identificados a lo largo del territorio hondureño en la producción de energía y como están siendo utilizados.

### 2.2.1 RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA NO RENOVABLE

Actualmente en Honduras se utilizan tres diferentes recursos no renovables en la producción de energía: carbón, petróleo y gas natural. Por ahora en el país no se tiene identificada ninguna reserva natural que cuente con la cantidad suficiente para la extracción y comercialización de ninguno de estos recursos.

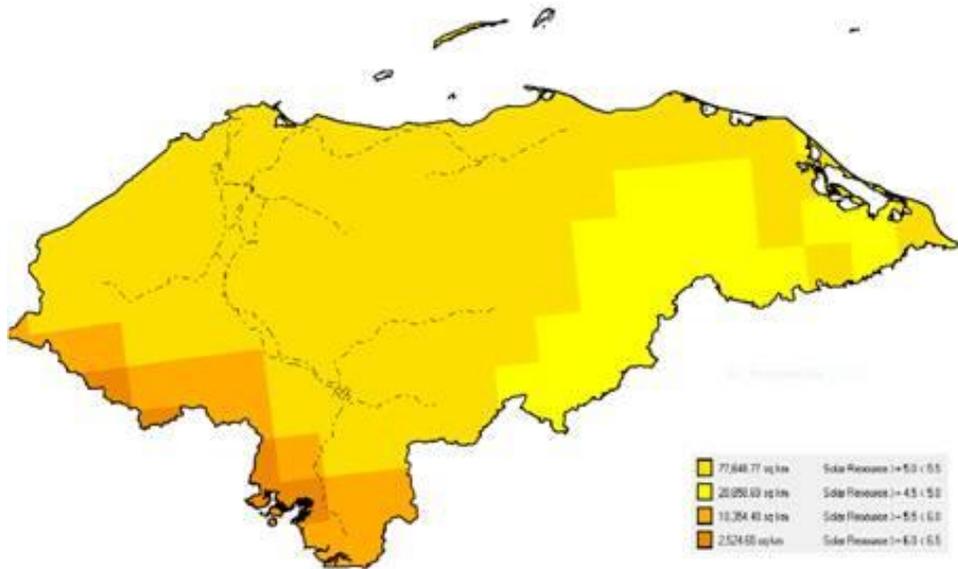
Durante el período comprendido entre 1920 y 1993 diferentes compañías, mayormente internacionales, entre ellas Shell, Mobil, Union Oil, True Cambria Oil, hicieron inversiones en la búsqueda de reservas de petróleo y gas natural, realizaron alrededor de veinte campos de excavaciones de pozos petroleros en Honduras, los que alcanzaron diferentes profundidades en varias zonas donde se contemplaba la posibilidad de encontrar reservas de gas natural o de hidrocarburos, pero los resultados obtenidos siempre fueron negativos. Aun así no puede afirmarse con contundencia que no existan recursos no renovables para la producción de energía en Honduras. Lo que sí puede afirmarse es que actualmente no existe extracción alguna de recursos de este tipo en Honduras (Olade, 2012).

### 2.2.2 RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

Honduras cuenta con varios recursos renovables que pueden o ya están siendo explotados en la producción de energía, ya sea energía solar, hídrica, eólica o energía producida a base de biomasa. A continuación se presenta un resumen de las fuentes más importantes identificadas dentro del territorio Hondureño.

#### 2.2.2.1 Energía Solar

Tal y como lo indican los datos de Global Energy Network Institute, GENI (2010), el conteo de radiación solar recibida en Honduras oscila entre los 4.0 y 5.5 kilovatios hora por metro cuadrado ( $\text{kWh/m}^2$ ) al día en la mayor parte del territorio nacional y alcanzando en algunas zonas del sur del país los  $6.5 \text{ kWh/m}^2$ , tal y como puede observarse en la siguiente Figura 10.



**Figura 10. Radiación solar en América Central.**

Fuente: (Global Energy Network Institute GENI, 2010).

En general, el futuro de la energía solar en Honduras depende del avance técnico en los sistemas (producción más barata y eficiente) y del desarrollo de los costos de energías convencionales. Los sistemas fotovoltaicos hasta la fecha no han aportado significativamente al Sistema Interconectado Nacional (SIN), pero su papel ha sido muy relevante por más de dos décadas en Honduras para llevar servicios básicos de electrificación rural a algunas comunidades sin acceso a la red eléctrica. En la actualidad no se cuenta con datos ni estadísticas confiables sobre el uso de la energía solar en Honduras, pero se sabe que las instalaciones existentes representan un porcentaje muy bajo del potencial aprovechable de dicha energía. El Banco Mundial realizó estudios de mercado para sistemas fotovoltaicos en el sector rural de Honduras y se identificó un potencial de 51 MW que equivale 2.86% al 2011 de la demanda actual (Energía Renovable Honduras, 2011).

En el plan estratégico de la ENEE se menciona la elaboración del primer proyecto de energía solar, el cual consiste en una planta solar fotovoltaica y tendrá una capacidad instalada de 8 MW este proyecto se llevara a cabo en el municipio de Arenal departamento de Yoro (ENEE, 2011).

### 2.2.2.2 Energía Hidráulica

Otro de los recursos que se encuentra en abundancia dentro del territorio hondureño y que puede ser utilizado para la producción de energía eléctrica es su red fluvial. En Honduras esta es la fuente renovable con mayor representación en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y con mayor potencial identificado. En el año 2009, el 33% de la energía provino de energía hidráulica, y se estima un potencial total condensado a nivel nacional de 5,000 MW. En general para el país, la disponibilidad del recurso hídrico es altamente dependiente de las fluctuaciones estacionales y de los patrones climatológicos (por ejemplo, los años de menor régimen de lluvias asociados al fenómeno de El Niño). Por su naturaleza, los proyectos hidroeléctricos son altamente dependientes del sitio donde se ubique el recurso y a menudo las áreas de gran potencial hidroeléctrico se encuentran distantes de los grandes núcleos de población y de consumo de energía, por lo que la inversión en líneas de transmisión para explotar estos recursos puede ser significativa (Energía Renovable Honduras, 2011).

En la actualidad la mayor generación de energía eléctrica por medio de fuentes hídricas la produce la represa hidroeléctrica Francisco Morazán (El Cajón) con una capacidad instalada de 300 MW (ENEE, 2013).

A continuación se muestra en la Tabla 10 un resumen de los principales proyectos hidroeléctricos a desarrollar en el país (mayores de 100 MW).

**Tabla 10. Principales proyectos hidroeléctricos a desarrollar en Honduras.**

Nombre del Proyecto	Ubicación	Recursos	Capacidad Estimada (MW)
Patuca I	Olancho	Río Patuca	270
Valencia (Patuca II)	Olancho	Río Patuca	150
La Tarrosa (Patuca IIA)	Olancho	Río Patuca	150
Patuca III	Olancho	Río Patuca	104
Proyecto Hidroeléctrico Jicatuyo	Santa Bárbara	Río Ulúa	172.92
Hidroeléctrico Tornillito	San Antonio de Cortés	Río Ulúa	160.2

Fuente: (Energía Renovable Honduras, 2011).

Como se había mencionado anteriormente el potencial hidroeléctrico en Honduras es inmenso y con estos macro proyectos (mayores de 100 MW) a desarrollar se espera disminuir la dependencia del uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica (ENEE, 2013).

### 2.2.2.3 Energía Eólica

La energía eólica es favorable para Honduras debido que a nivel de la región, hay una complementariedad importante entre la energía eólica y la hidroeléctrica; pues la estación seca (cuando hay menor generación con recursos hídricos) es también la época de mayor régimen de vientos. Según algunas estimaciones, se ha identificado un potencial en Honduras de alrededor de 3,680 MW de generación a través de la energía eólica.

En Honduras se está construyendo el primer parque eólico en el Cerro de Hula con una capacidad estimada de 100 MW, del cual la primera etapa ya está en funcionamiento. También se ha identificado ciertas zonas factibles para el desarrollo de energía eólica y estas son: La Esperanza, San Marcos de Colón, Las Islas de la Bahía e Intibucá (Energía Renovable Honduras, 2011).

#### 2.2.2.4 Energía Geotérmica

Los recursos para la producción de energía geotérmica también se encuentran presentes en el país aunque no en proporción similar a los dos anteriores. Según indica Energía Renovable Honduras (2011), existe un potencial aproximado de producción de energía tipo geotérmica de 125.3 MW distribuido de la siguiente manera en la Tabla 11.

**Tabla 11. Distribución de potencial geotérmico en Honduras.**

Sitio	Ubicación	Potencial (MW)
Platanares	Copán	48
San Ignacio	Francisco Morazán	14
Azucualpa	Santa Bárbara	36
Pavana	Choluteca	11
Sambo Creek	Atlántida	15
El Olivar	Cortés	1.3
<b>Total</b>		<b>125.3</b>

Fuente: (Energía Renovable Honduras, 2011).

Los datos de Energía Renovable Honduras (2011), indican que en la actualidad solamente se encuentra en desarrollo un proyecto de generación de energía geotérmica, el proyecto Geotérmico Platanares, de la que se espera una producción de 38 MW en la comunidad de Platanares para el año 2013, año en que tiene previsto iniciar operaciones dicha planta geotérmica.

#### 2.2.2.5 Energía a Base de Biomasa

Otro de los recursos considerados renovables que se encuentran disponibles en el país para la producción de energía es el de la biomasa. Como señala Energía Renovable Honduras (2011), actualmente existe en el país una capacidad aproximada para la producción de energía a base de biomasa de 60 MW y se espera que esta cifra continúe aumentando; eso sólo contando la producción de energía eléctrica a base de biomasa, pero hay que tomar en consideración también que la generación de energía a partir de la biomasa en los hogares rurales a nivel nacional es la mayor fuente de

producción de energía en el país. El recurso más utilizado en los hogares hondureños para la generación de este tipo de energía proviene de los árboles y plantas (leña), que son utilizados para alimentar los hornos hondureños (Flores, 2010).

Hay que destacar también la autonomía con que cuenta el sector azucarero en vapor y electricidad. Este se considera un sector bien organizado con un potencial de generación que alcanza los 163 MW de autoabastecimiento y con un excedente para exportar a la red de hasta 42 MW. En el caso de la palma africana, se está aprovechando un potencial de 62 MW directamente con el desperdicio orgánico y 9.5 MW con la captura de metano. Los proyectos más importantes en generación de energía a partir de biomasa a nivel nacional son de carácter privado: palma africana en el Valle de Sula en San Pedro Sula y Valle de Aguán en Yoro; caña de azúcar y café en diferentes partes del territorio nacional y los desechos de la industria forestal (Energía Renovable Honduras, 2011).

En lo que respecta a biocombustible como el biodiesel a base de aceite de palma y/o del piñón o *Jatropha*, tal y como menciona Ochoa (2009), para Honduras la producción de estos trae grandes beneficios directos a los actores involucrados en los distintos eslabones de la cadena productiva. A continuación en la Tabla 12 se describen dichos beneficios.

**Tabla 12. Beneficios de la producción de biodiesel.**

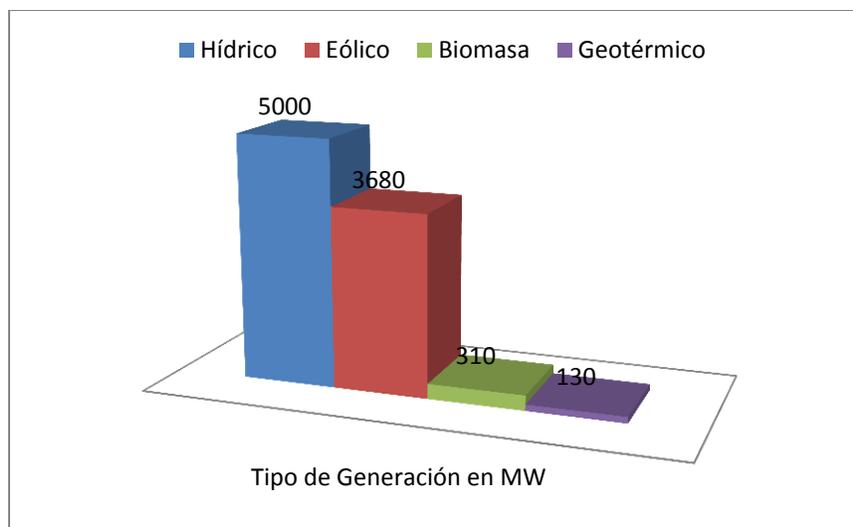
Para el usuario del biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor lubricidad y mayor durabilidad del motor.</li> <li>• Menor contaminación por las menores emanaciones de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
Para el Productor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva opción de ingresos.</li> <li>• Generación de mano de obra y empleo familiar.</li> <li>• Optimización del uso de la tierra.</li> </ul>
Para el País	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparición de un nuevo y atractivo mercado (nueva cadena productiva).</li> <li>• Ahorro de divisas.</li> <li>• Generación de empleo.</li> <li>• Mayor base tributaria por el efecto multiplicador en la economía.</li> <li>• Mayor independencia económica del exterior al ampliarse la matriz energética, especialmente en el sector transporte.</li> </ul>
Para el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la contaminación ambiental.</li> <li>• Venta de bonos de carbono.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos (Ochoa Herrera, 2009).

Es por ello que con el gran potencial que se tiene en base a las plantaciones de palma africana y de piñón es conveniente desempeñarse en la producción de biodiesel pues es una salida inmediata a la dependencia de combustibles fósiles y brindaría a Honduras una opción para mejorar su economía.

### 2.2.3 POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS RENOVABLES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS

Combinando el potencial de los recursos hídricos, eólicos, biomasa y geotérmicos según datos de Comisión Nacional de Energía (2012), muestran que Honduras tiene un potencial identificado para producción de energía eléctrica de fuentes renovables de 9,120 MW compuesto en su mayoría por el potencial de producción de energía de fuentes de generación hidroeléctrica 5,000 MW, seguido por las fuentes eólicas con un aproximado de 3,680 MW. En la Figura 11 se muestra el potencial de generación del país por tipo de recurso.



**Figura 11. Distribución de potencial de generación renovable en Honduras.**

Fuente: (CNE, 2012).

Para conocer la cobertura real de este potencial instalado dentro de la necesidad de energía en el país a continuación en la Tabla 13 se puede apreciar la capacidad instalada de generación en el SIN para el período 2010-2011.

**Tabla 13. Capacidad Instalada en el SIN.**

Tipo de Planta	2010	2011
	Potencia MW	Potencia MW
<b>Total del Sistema</b>	<b>1,620.27</b>	<b>1,780.68</b>
<b>Plantas Estatales</b>	<b>589.00</b>	<b>589.00</b>
Hidráulica Estatal	464.40	464.40
Térmica Estatal	124.60	124.60
Motor Diesel	91.60	91.60
Turbina de Gas	33.00	33.00
<b>Plantas Privadas</b>	<b>1,021.29</b>	<b>1,191.68</b>
Hidráulica	61.97	71.78
Térmica	959.30	880.40
Motores Diesel	828.40	840.90
Turbina de Gas	39.50	39.50
Biomasa	91.40	137.50
Eólica	-	102.00

Fuente: (ENEE, 2012).

## 2.3 DIFERENTES APLICACIONES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES RENOVABLES EN HONDURAS

### 2.3.1 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR

En la Tabla 14 se destacan las principales aplicaciones de la energía solar.

**Tabla 14. Aplicaciones de la energía solar.**

<b>Sistema</b>	<b>Características principales</b>	<b>Aplicación actual</b>
Colectores planos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bajas temperaturas obtenidas</li><li>• Tecnología simple</li><li>• Bajo costo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calentamiento de agua para uso doméstico</li><li>• Uso industrial</li></ul>
Colectores concentrados	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto costo</li><li>• Alta tecnología</li><li>• Altas temperaturas obtenidas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hornos solares</li></ul>
Celdas fotovoltaicas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta tecnología</li><li>• Alto costo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Electrificación rural y urbana</li><li>• Aplicaciones agrícolas y ganaderas</li><li>• Iluminación</li><li>✓ Alumbrado público</li><li>✓ Carteles publicitarios</li><li>• Telefonía móvil</li><li>✓ Antenas BTS</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con datos (Sarmiento, 2007).

A continuación Ramírez (2006), menciona las principales ventajas y desventajas de la fuente de energía solar:

#### Ventajas

- Es una energía limpia, inagotable y de fácil adquisición.
- Los sistemas de captación solar que se suelen utilizar son de fácil mantenimiento.
- La única inversión es el costo inicial de la infraestructura.

#### Desventajas

- Altos costos en la inversión inicial de esta tecnología.
- Problemas de almacenamiento en la energía captada.
- Se requiere de espacio físico.

### 2.3.2 APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

En la Tabla 15 se puede distinguir las aplicaciones más importantes de la energía eólica.

**Tabla 15. Aplicaciones de la energía eólica.**

Opción	Aplicación
Molino de viento	Molienda de granos y bombeo de agua
Aerogeneradores	Generación eléctrica

Fuente: Elaboración propia con datos (Pongutá, 2003),

Villarrubia (2004), menciona algunas ventajas y desventajas del uso de la energía eólica:

#### Ventajas

- No hay emisión de gases contaminantes, ni de influentes líquidos y gaseosos ni de residuos sólidos.
- Su uso y posibles incidentes en su explotación no implican riesgos ambientales de gran impacto.
- Ahorra combustibles fósiles y diversifica el suministro energético.

#### Desventajas

- El viento es disperso y de gran variabilidad y fluctuación (tanto en velocidades como en dirección), por lo que no todos los lugares son adecuados para una explotación técnica y económicamente viable de la energía eólica.
- Aumento del nivel de ruido.
- Impacto visual.
- Impacto sobre la fauna, en particular sobre las aves.
- Ocupación del suelo.
- Interferencias con transmisiones electromagnéticas.

### 2.3.3 APLICACIONES DE LA ENERGÍA HÍDRICA

Las principales aplicaciones de la energía hídrica se encuentran en la Tabla 16.

**Tabla 16. Aplicaciones de la energía hídrica.**

Opción	Aplicación
Rueda hidráulica	Molinos de grano o molino hidráulico
Turbina	Generación eléctrica

Fuente: Elaboración propia con datos (Pongutá, 2003).

En cuanto al uso de esta fuente de energía hídrica Muñiz & García (2008) mencionan las principales ventajas y desventajas:

#### Ventajas

- No contamina.
- Es muy abundante.

#### Desventajas

- Sus infraestructuras son muy caras.
- Depende de los factores climáticos.
- Impacto ambiental.

#### 2.3.4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

En Honduras se espera varios proyectos para la generación de energía eléctrica con esta fuente de energía geotérmica como describe Energía Renovable Honduras (2011) y de acuerdo a sus aplicaciones Llopis & Rodrigo (2012), establecen las cuatro categorías siguientes para la energía geotérmica:

- Alta temperatura: más de 150 °C, una temperatura superior a 150 °C permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- Media temperatura: entre 90 y 150 °C, permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.
- Baja temperatura: entre 30 y 90 °C, su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas.
- Muy baja temperatura: menos de 30 °C, puede ser utilizada para calefacción y climatización, necesitando emplear bombas de calor.

Entre las ventajas y desventajas que señala Tyler (2007), con respecto a la energía geotérmica se tiene:

#### Ventajas

- Eficiencia muy alta.
- Energía neta moderada en lugares accesibles.
- Menos emisiones de CO<sub>2</sub> que los combustibles fósiles.
- Costo bajo en los lugares favorables.
- Bajo uso del terreno.
- Baja afectación del terreno e impacto ambiental moderado.

#### Desventajas

- Escasez de lugares convenientes.
- Se agota si se utiliza con excesiva rapidez.
- Contaminación del aire de moderada a alta.
- Ruidos y olor a sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).
- Costo muy alto, excepto en las fuentes más concentradas y accesibles.

#### 2.3.5 APLICACIONES DE LA BIOMASA

La mayor parte del uso de la biomasa sólida como la leña es para uso tradicional en los hogares, principalmente para cocinar, calentar agua e iluminar, y dependiendo del clima también para la calefacción ambiental como es el uso con las estufas y hornos de biomasa mejoradas.

La combustión directa es una tecnología comprobada en la generación de electricidad, especialmente en las mismas industrias que producen los residuos, como son los ingenios azucareros, las industrias de pulpa y papel y los aserraderos. Este uso proporciona grandes beneficios pues elimina los residuos, y reduce los costos de la electricidad y la disposición de la basura (Robles, 2001).

Otra de las aplicaciones como menciona Ochoa (2009), es la de los biocombustibles que a menudo son mezclados con otros combustibles fósiles en pequeñas proporciones, 5%,10%, o 20%, proporcionando una reducción útil pero limitada de

gases de efecto invernadero. El biocombustible en mezclas menores no requiere modificaciones en los motores de los modelos actuales y se puede distribuir a través de las gasolineras existentes.

La utilización de la biomasa con fines energéticos como describe Miliarium (2012), tiene las siguientes ventajas y desventajas:

#### Ventajas

- Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> aunque para el aprovechamiento energético de esta fuente renovable se tenga que proceder a una combustión, y el resultado de la misma sea agua y CO<sub>2</sub>, la cantidad de este gas causante del efecto invernadero, se puede considerar que es la misma cantidad que fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, que no supone un incremento de este gas a la atmósfera.
- No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.
- Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- Puede provocar un aumento económico en el medio rural.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- En aumentar la competitividad en el mercado de los productos.
- En posibilitar nuevas aplicaciones de gran interés como los biocombustibles.

#### Desventajas

- Tiene un mayor costo de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
- Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
- Producción estacional.
- La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es del tipo mixto, pues incluye elementos tanto cuantitativos como cualitativos en el proceso de recopilación de los datos con que se pretende estudiar la problemática energética en Honduras.

### 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un alcance descriptivo teniendo como propósito describir situaciones y eventos, en este caso se describe la situación de Honduras en materia energética.

### 3.3 SUJETOS DE INFORMACIÓN

El listado de los sujetos de información seleccionados y de los cuales se extrajo la información utilizada en el presente trabajo de investigación está conformado por personal clave de las instituciones y empresas privadas, públicas, no gubernamentales y organismos internacionales identificados como referentes en cualquier aspecto relacionado con el manejo, producción y distribución de la energía en Honduras, así como por la bibliografía detallada al final del presente documento.

### 3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de selección utilizados en la presente investigación para la selección de los sujetos de información se detallan en la siguiente Tabla 17.

**Tabla 17. Criterio de selección.**

Sujeto de información	Criterios
<b>Expertos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación académica.</li><li>• Experiencia en la rama de la energía</li><li>• Investigaciones realizadas sobre el tema.</li><li>• Referencia de entrevistas anteriores.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 INSTRUMENTOS

En la realización de la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos para la recopilación de la información:

- Se elaboró un marco teórico donde se identificaron conceptos, definiciones y se describieron circunstancias que en conjunto logran describir de manera precisa el problema de la producción, manejo y distribución de la energía en Honduras.
- Para la recolección de datos durante el trabajo de campo se recurrió a la aplicación de un cuestionario durante una entrevista estandarizada realizada a cada uno de los expertos en el lugar donde laboran o en su lugar de residencia, algunas entrevistas con expertos que en ese momento no se encontraban en el país se realizaron por medios virtuales. El cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más de las variables que en esta investigación se pretenden medir.

### 3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La revisión de la literatura realizada durante la elaboración del marco teórico da como resultado las preguntas de investigación, las respuestas a estas preguntas se obtienen combinando los datos del marco teórico formado y los cuestionarios aplicados a los expertos para conseguir información relevante sobre características y su impacto o influencia dentro del problema estudiado lo que lleva a dos posibles resultados:

- Las opiniones coincidentes en el criterio de los expertos y en concordancia con el marco teórico formado se valoraran como la validación de la influencia o no influencia en el problema estudiado.
- Las opiniones encontradas entre el criterio de los expertos y el marco teórico formado indican que no es posible definir con certeza la influencia o no influencia en el problema.

## CAPÍTULO IV. RESULTADO Y ANÁLISIS

En este capítulo se exponen los resultados que han sido alcanzados en la presente investigación, obtenidos mediante el análisis combinado de los datos recopilados de la literatura presentados en el Capítulo II y las entrevistas realizadas a los expertos en materia energética, según la metodología descrita en el Capítulo III.

### 4.1 PRINCIPALES FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DISPONIBLES EN HONDURAS

La mayoría de los expertos coinciden en identificar las fuentes renovables como las principales fuentes de producción de energía disponibles en Honduras, de ellas destacan la hídrica, eólica y solar (Tabla 18). La razón fundamental por las cuales estas fuentes son consideradas las principales se derivan de su potencial identificado y la capacidad de renovación que tienen los recursos que se utilizan en la generación, por ejemplo la energía hídrica en relación con el caudal de los ríos, eólica en relación con la intensidad y velocidad de los vientos y la solar en relación con la radiación solar registrada en una zona específica.

**Tabla 18. Principales fuentes de energía disponibles en Honduras.**

<b>Fuente</b>	<b>Capacidad identificada</b>
Hídrica	5,000 MW
Eólica	3,680 MW
Solar	Promedio de 5.2 kWh/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia con datos del (CNE, 2012).

La fuente de producción hídrica se considera como la principal en la generación de energía eléctrica en Honduras debido a la abundancia de este recurso a lo largo del territorio nacional que en conjunto suman 5,000 MW de potencial para la generación, coincidiendo con los datos de Comisión Nacional de Energía (2012) expuestos en la Figura 11; por lo tanto no es de extrañar que esta sea la fuente de producción de energía renovable más explotada en el país en cuanto a la generación de energía eléctrica, que representa más de 30% del total generado en el año 2012 como muestran los datos del Anexo 1. Seguido de la fuente hídrica se encuentran la fuente

eólica con un potencial de generación que alcanza los 3,680 MW y la solar que aún no está siendo explotada a gran escala con un potencial que oscila entre los 4.0 y 5.5 kWh/m<sup>2</sup>, llegando a alcanzar los 6.5 kWh/m<sup>2</sup> en algunas zonas del sur del país, tal y como se ilustra en la Figura 10.

#### 4.2 FORMA QUE ESTÁN SIENDO EXPLOTADAS LAS PRINCIPALES FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN HONDURAS

En Honduras se aprovechan dos tipos de recursos para la obtención de energía: las fuentes renovables y las no renovables, a pesar de que los recursos no renovables o fósiles no son producidos internamente representan el mayor porcentaje en la generación total de energía, seguido de la biomasa.

Honduras cuenta con un potencial identificado para la producción de energía eléctrica de fuentes renovables de 9,120 MW de los cuales solo necesita 1,780.68 MW que fue la demanda para el año 2011 esto significa que el 20% de dicho potencial identificado cubre su demanda quedando disponible el 80% para cubrir las nuevas necesidades de energía para los próximos años e incluso para la exportación a otros países de la región.

Los expertos coinciden en opinar que estas fuentes de producción de energía no son explotadas adecuadamente, si se analiza el potencial de generación de cada una de las fuentes y se compara con la capacidad instalada de generación en cada una de ellas se puede apreciar la falta de aprovechamiento de estos valiosos recursos renovables tal y como se muestra a continuación en la Tabla 19.

**Tabla 19. Forma que están siendo explotadas las principales fuentes de producción de energía en Honduras.**

Fuente	Capacidad Instalada en MW	Potencial de generación en MW	% de Aprovechamiento	% potencial no aprovechado
Hídrica	468.4	5,000	9.37%	90.63%
Eólica	102	3,680	2.77%	97.23%
Biomasa	137.5	310	44.35%	55.65%
Geotérmica	0	130	0	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de (ENEE, 2012) y (CNE, 2012).

Hay que aclarar que a pesar de que no se registra capacidad instalada en la fuente de energía geotérmica existen en desarrollo proyectos que próximamente aprovecharán unos 38 MW de la capacidad identificada. Así mismo algunos proyectos estatales de generación hidroeléctrica próximamente vendrán a aumentar el porcentaje de aprovechamiento de dicha fuente.

La capacidad aprovechada de la fuente solar no ha podido ser medida debido a la falta de desarrollo de este tipo de tecnología en el país, solamente se cuentan con datos dispersos de generación en zona rurales donde no se alcanza a tener cobertura del SIN. También se debe mencionar que ya existen planes para la implementación de parques solares en la zona sur del país para la generación de energía eléctrica a gran escala por medio de la explotación de esta fuente.

Los expertos mencionan que la falta de aprovechamiento de las fuentes de generación de energía renovables antes mencionados se debe a varios aspectos, uno de ellos es la falta de financiamiento ya que la explotación de este tipo de recursos requiere de grandes cantidades de inversión que se recuperan en períodos muy largos de tiempo lo que complica bastante la obtención de financiamiento. Estas inversiones no solamente son para la producción de energía en sí, gran parte deberá estar destinada a los mecanismos de distribución ya que el lugar donde es generada la energía generalmente se encuentra alejado del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Los expertos también opinan que en algunos casos los recursos renovables para la producción de energía son utilizados en otras actividades que suplen necesidades diferentes a las energéticas como por ejemplo la alimentación en el caso de los recursos de la biomasa (aceite de palma africana en vez de biodiesel) y utilización en riego y potabilización para el recurso hídrico. También opinan que la falta de interés del gobierno en definir una adecuada política energética y organizar de forma adecuada es uno de los grandes traspiés que impide el adecuado aprovechamiento de los recursos disponibles para la producción de energía.

Otra de las razones es la falta de adecuadas políticas y legislación que regulen la explotación de este tipo de recursos, datos que coinciden con lo expuesto por Negri de Magalhaes & Morales (2008).

Un punto muy importante que hay que considerar de este aspecto es que a pesar de lo costoso que es invertir en estos proyectos de generación de energía por medio de fuentes renovables a largo plazo resultan ser muchos más rentables que los proyectos de generación de energía de otras fuentes.

#### 4.3 ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON LA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS RENOVABLES EN HONDURAS

En Honduras ya se han implementado algunas formas de aprovechamiento para la generación de energía de fuentes renovables, las aplicaciones alternativas son formas de aprovechar los recursos directamente en las actividades. De las principales fuentes de producción de energía se han podido identificar diversas formas de aprovechamiento. A continuación en la Tabla 20 se presentan una lista de las principales formas de aprovechar dichos recursos en la generación de la energía en Honduras:

**Tabla 20. Diferentes aplicaciones para la generación de energía con fuentes renovables.**

<b>Aprovechamiento</b>	<b>Fuente</b>
Colectores planos	Energía solar
Colectores concentrados	Energía solar
Celdas fotovoltaicas	Energía solar
Molinos de viento	Energía eólica
Aerogeneradores	Energía eólica
Rueda hidráulica	Energía hídrica
Turbina	Energía hídrica
Aprovechamiento de altas temperaturas	Energía geotérmica
Combustión directa	Energía biomasa
Biocombustibles	Energía biomasa

Fuente: Elaboración propia.

Después de identificar estas formas de aprovechar los recursos disponibles en el país para la generación de energía de fuentes renovables y considerando el potencial de generación con los recursos que cuenta el país para las fuentes renovables expuestas anteriormente se puede afirmar que aplicando medidas y políticas eficientes en cuanto al manejo y uso de los recursos es posible lograr una mayor diversificación en la matriz energética.

Se deben destacar en este punto la amplia variedad de aplicaciones de la energía solar que pueden ser aplicadas en el país para suplir requerimientos de energía sin tener que incurrir en costos de conexión al SIN, como por ejemplo el caso del aprovechamiento por medio de celdas fotovoltaicas en los sistemas de electrificación rural, aplicaciones agrícolas de generación eléctrica para sistemas de riego o la utilización de esta tecnología en los deteriorados sistemas de alumbrado público. El uso de los recursos renovables disponibles en el país para la generación de energía por medio de este tipo de aplicaciones permite maximizar los beneficios derivados de ellos y hacer más eficientes su aprovechamiento.

Los expertos opinan que la ventaja de generar y distribuir energía sin necesidad de conectarse al SIN por medio de tecnologías como la solar fotovoltaica utilizadas en los sistemas de electrificación rural es una de las aplicaciones alternativas para la generación eléctrica que podría brindar mayores beneficios al país, debido que se puede obtener energía de forma barata, limpia y al mismo tiempo se logra mayor eficiencia ya que los sistemas que no están conectados al SIN evitan el 26% de pérdida de dicho sistema. Una de las formas más eficaces para la utilización de este tipo de tecnología en las zonas urbanas del país según los expertos sería en el sistema de alumbrado público, dado que los costos de los equipos son justificables confrontándolos contra los ingresos que se puede percibir y lo económico que resulta generar la energía después de instalado los equipos.

Debido al desarrollo de proyectos de electrificación rural en los que se utiliza tecnología solar fotovoltaica ya se encuentran operando algunas empresas que se dedican a la comercialización de este tipo de sistema, lo que facilita su implementación. Sistemas de

alumbrado público con esta tecnología también permitiría al país dar un paso adelante en la renovación de los actuales sistemas y prestar un mejor servicio a la población. Su implementación debería iniciar por las carreteras y autopistas más transitadas ya que por iluminar estas zonas es mayor el costo de energía eléctrica, por consiguiente los beneficios derivados de esta implementación serán mayores.

Según menciona Proceso Digital (2012), la ENEE pierde 10 millones de lempiras aproximadamente en los obsoletos sistemas de alumbrado público existentes, ese valor se convierte en 120 millones de lempiras al año y aumenta con el paso del tiempo debido a la falta de mantenimiento en dichos sistemas. Algunas estadísticas expuestas anteriormente muestran como los cobros de la ENEE por alumbrado público a los abonados representan 453 millones de lempiras al año, lo que significaría que la ENEE recibe solamente 333 millones después de cubrir los 120 millones de pérdidas por las deficiencias en los sistemas. Con un sistema de alumbrado público que utilice tecnologías como la solar fotovoltaica se podría conseguir generar energía más barata y eficientemente para este servicio y se podría percibir de forma directa los 433 millones de lempiras por cobros a los abonados disminuyendo las pérdidas de 120 millones.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Las principales fuentes de producción de energía en Honduras son las fuentes renovables, dentro de ellas destacan por su potencial de generación identificado la Solar, Hídrica, Eólica.
- A pesar de que Honduras cuenta con fuentes de producción de energía renovables con capacidades que en conjunto superan ampliamente las necesidades actuales de energía, estas no están siendo aprovechadas adecuadamente debido al uso de recursos energéticos fósiles de origen foráneo que representan la mayor fuente de obtención de energía en el país seguida del uso de la biomasa (leña).
- En Honduras para la generación de energía eléctrica resulta más económico a largo plazo utilizar los recursos renovables que los métodos de generación a base de combustibles fósiles. Con el objetivo de diversificar la matriz energética actual y mitigar los efectos negativos de la crisis energética nacional una alternativa es utilizar tecnología como la solar fotovoltaica en los sistemas de alumbrado público.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Mayor atención por parte de las autoridades de gobierno en presentar soluciones a corto, mediano y largo plazo en los problemas energéticos actuales.
- Se debe estructurar de forma más adecuada el sector energético a nivel de gobierno en el país, para que las políticas emitidas obtengan los resultados esperados.
- Actualizar los datos de proyectos de generación de energía renovables para contar con información real y actualizada de las fuentes menos utilizadas o aprovechadas durante los estudios preliminares de los nuevos proyectos.
- Se deben desarrollar proyectos que aprovechen mejor los recursos renovables disponibles en el país utilizando diversas aplicaciones como la tecnología solar fotovoltaica en los sistemas de riego y de alumbrado público o recursos de biomasa como fuentes directas o indirectas de obtención de combustibles.

## **CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD**

### **6.1 PROPUESTA: SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CON PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS EN EL ANILLO PERIFÉRICO DE TEGUCIGALPA.**

#### **6.2 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el mundo se encuentra en un período de crisis energética, dado la fuerte dependencia hacia los combustibles fósiles, los cuales generan un alto grado de contaminación que afectan al aire, las aguas, el suelo, la vida animal y vegetal.

Por lo cual se hace urgente la intervención de todos los sectores que impulsen el desarrollo de energías alternativas (energía eólica, energía solar, energía geotérmica, entre otras) con el fin de poder aprovechar los recursos naturales, para así disminuir el uso de los recursos no renovables como lo son los combustibles fósiles como fuentes principales de energía.

El sol es una fuente de energía gratuita, limpia e inagotable que en la actualidad es aprovechada en diversas aplicaciones como ser en la producción de energía eléctrica (energía solar fotovoltaica) o en forma de calor (energía solar térmica).

Este trabajo contempla el uso de energía solar fotovoltaica en sistemas de alumbrado público para que este servicio sea más eficiente y a la vez disminuya una pequeña parte del consumo eléctrico generado en la actualidad por este sistema convencional, además de, crear conciencia entre la población a cerca de la utilización de recursos renovables como fuentes confiables de energía, de igual manera contribuir a disminuir los problema de la contaminación que se encuentran en la actualidad.

## 6.3 ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN

El presente estudio de identificación demuestra la relación problema-proyecto a través de la elaboración del diagnóstico de una situación objetivo basada en indicadores y necesidades técnicas, sectoriales y de los beneficiarios locales.

### OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN

#### OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio que permita definir claramente la conceptualización básica del proyecto.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir claramente el proyecto (nombre del proyecto, dueño del proyecto, entidades ejecutora y operadora del proyecto, antecedentes y recursos del proyecto).
- Identificar los involucrados del proyecto.
- Definir los objetivos del proyecto.
- Determinar la justificación, características y aspectos legales del proyecto.

#### 6.3.1 CONCEPTUALIZACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO

- Nombre del proyecto: Implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa.
- Dueño del proyecto: Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) de la región central.
- Entidad ejecutora: ENEE con el departamento de distribución ubicada en el Bulevar Suyapa frente al edificio del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).
- Entidad operadora: ENEE con el departamento de alumbrado público ubicada en el Bulevar Suyapa frente al edificio del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

### 6.3.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El proyecto se llevará a cabo en el Anillo Periférico de Tegucigalpa en la I y II etapa que abarca una longitud aproximada de 19.2 Km iniciando en El Embalse Los Laureles y finalizando en la altura de la Colonia 21 de Octubre. La III etapa aún no está finalizada.

En la actualidad en esta autopista circula un promedio de 100 vehículos cada minuto es decir aproximadamente más de 6,000 vehículos en una hora los cuales cruzan hacia varias colonias y negocios a sus alrededores, esta vía de acceso es de suma importancia para descongestionar otras rutas alternas que se encuentran en la capital.

El sistema actual de alumbrado público de la I y II etapa cuenta con 764 lámparas de vapor de sodio de alta presión de tono anaranjado ancladas por pares a 382 postes de concreto conectados al SIN.

### 6.3.3 RECURSOS DEL PROYECTO

- Humanos

Actualmente se cuenta con el apoyo del personal técnico de la ENEE y los demás colaboradores.

- Financieros

La fuente de financiamiento es de fondos propios de la ENEE para la ejecución de nuevos proyectos.

- Tecnológicos

Para este proyecto se contará con un equipo de compras que gestionará la adquisición del equipamiento y diversos avances tecnológicos necesarios para el buen uso y funcionamiento del alumbrado público solar con paneles fotovoltaicos. Esta tecnología será adquirida por medio de proveedores nacionales que están operando en el país.

- Institucionales

La ENEE es un organismo autónomo responsable de la producción, comercialización, transmisión y distribución de la energía eléctrica para los consumidores en general.

### 6.3.4 ORIGEN DEL PROYECTO

El proyecto se origina a partir de la necesidad de mejorar el deficiente servicio de alumbrado público en el Anillo Periférico, orientando la cobertura de necesidades de energía al uso de recursos renovables para la producción de energía eléctrica haciendo

uso de la tecnología solar fotovoltaica, con la cual se espera reducir un porcentaje de consumo energético utilizado en el sistema de alumbrado público proveniente del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

#### 6.3.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

##### **Objetivo general**

Contribuir a mejorar el aprovechamiento de los recursos renovables para la generación de energía en Honduras mediante la instalación y puesta en funcionamiento de un nuevo sistema de alumbrado público en el Anillo Periférico, basado en tecnología solar fotovoltaica para la obtención de energía lo que le permitirá funcionar fuera del SIN.

##### **Objetivo de ejecución**

Entregar la instalación de 382 sistemas de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos el cual cubrirá una distancia de 19.2 Km del Anillo Periférico de Tegucigalpa a un costo de alrededor de L.18,178,065.92 en un período de 248 días aproximadamente.

##### **Objetivo de operación**

Con el nuevo servicio de alumbrado público con paneles solares cuya operación y mantenimiento estará a cargo del departamento de alumbrado público de la ENEE se pretende reducir 1,339 MWh al año provenientes del consumo de energía del SIN que en la actualidad es lo que necesita el sistema existente de alumbrado público y a la vez mejorar la visión nocturna de los 6,000 vehículos que circulan por esta ruta vial.

#### 6.3.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con la ejecución de este proyecto se espera mejorar el servicio del alumbrado público debido a que este sistema presenta menos fallas que el sistema convencional, también presenta una alta eficiencia en cuanto luminiscencia y durabilidad en la vida útil de las luminarias.

Otro factor en el que se beneficiaría por la ejecución de este proyecto es la disminución del consumo de la factura eléctrica a todo lo que se refiere al sector de alumbrado público y es importante mencionar que el uso de nuevas tecnologías para la generación

de energía eléctrica con fuentes de producción renovables es más rentable a largo plazo.

#### 6.3.7 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

- Carácter del proyecto: Sin fines de lucro.
- Naturaleza: Nuevo sistema de alumbrado público con tecnología solar fotovoltaica.
- Clasificación: Sector terciario (prestación de servicios).
- Breve descripción del proyecto: El proyecto sustituirá el actual alumbrado público del Anillo Periférico que cubre la I y II etapa de esta autopista, este sistema es desarrollado mediante la implementación de tecnología solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica que se almacenará en una batería, el cual encenderá las lámpara LED por 12 horas aproximadamente por medio de un controlador.

#### 6.3.8 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

- Beneficiarios directos:
  - ✓ ENEE
  - ✓ Usuarios del Anillo Periférico en vehículos automotores que circulan por la noche.
  - ✓ Transeúntes.
  
- Beneficiarios indirectos:
  - ✓ Alcaldía.
  - ✓ Proveedores de tecnología solar fotovoltaica.
  - ✓ Residentes y negocios cercanos al Anillo Periférico.

#### 6.3.9 ASPECTOS LEGALES

- Marco legal
  - ✓ Ley marco del subsector eléctrico.
  
- Modalidad de tenencia
  - ✓ El proyecto se podrá efectuar sin ningún inconveniente en los predios del Anillo Periférico que es propiedad del estado de Honduras.

- Tramites y permisos
- ✓ Permisos de operación y explotación en SERNA.

#### 6.4 ESTUDIO DE MERCADO

El principal objetivo del estudio de mercado es analizar el posible comportamiento de las variables determinantes del mercado o industria donde se realizará el proyecto y el grado de incertidumbre o riesgo que se pueda presentar cuando el producto de proyecto sea puesto en el mercado.

#### OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

##### OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio que permita definir claramente la demanda, oferta, precio, distribución y comercialización.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir claramente el servicio.
- Conocer la relación Oferta–Demanda.
- Determinar el precio del servicio.
- Identificar los diferentes canales de distribución y comercialización.

##### 6.4.1 DEFINICIÓN DEL SERVICIO

Servicio de alumbrado público del Anillo Periférico correspondientes a la I y II etapa por medio de tecnología de generación de energía solar fotovoltaica. El sistema iluminará la autopista durante el anochecer en aproximadamente 12 horas diarias utilizando para ello 764 luminarias LED ancladas en 382 postes separados por una distancia promedio de 50 metros, 764 baterías (12Volts y 100Amp) cargadas con energía generada por 382 paneles solares de 150W y administradas por 382 controladores de función nocturna.

## 6.4.2 DEMANDA

### 6.4.2.1 Histórica y actual

El servicio de alumbrado público del Anillo Periférico tiene un requerimiento constante de 1,339 MWh al año calculado de la siguiente manera:

- Cada foco de 400W utilizado actualmente encendido durante 12 horas los 365 días del año hacen un consumo de 1,752 kWh al año.
- El total de 764 lámparas en el sistema actual consumiendo 1752 kWh al año hacen un total de 1,339 MWh.

### 6.4.2.2 Futura

Se tiene proyectado finalizar la tercera etapa del Anillo Periférico durante el año 2013, el requerimiento de energía para esta etapa en alumbrado público sería de 897 MWh calculado de la siguiente manera:

- La cantidad de 12.8 Km de longitud hacen un requerimiento de 256 postes separados cada uno por 50 metros promedio.
- Si se anclaran 2 lámparas de 400 watts en cada poste se necesitarían 512 lámparas.
- Cada lámpara consumiría 1,752 kWh trabajando 12 horas diarias durante los 365 días del año.
- El total 512 lámparas necesarias consumirían 897 MWh al año.
- Sumado con la demanda actual se tendría un consumo de 2,236 MWh al año en el Anillo Periférico concluido en sus tres etapas.

## 6.4.3 OFERTA

La ENEE compra la energía a los productores según la demanda de energía que se registra en el SIN, por lo que la oferta de energía siempre es equivalente a la demanda en un período normal de operaciones (sin racionamientos). El funcionamiento del SIN registra pérdidas técnicas y no técnicas de 26% por lo que, para poder cubrir la demanda de 1,339 MWh al año es necesario que la ENEE disponga de 1,684.6 MWh al año en el SIN.

#### 6.4.4 PRECIO

Para calcular el precio promedio de venta de la energía utilizada en el alumbrado público se deben realizar los siguientes cálculos:

- La energía vendida por alumbrado público durante el año 2012 fue 125,300 MWh.
- Los ingresos por venta de energía en el año 2012 ascienden a 453,000 millones de Lempiras.
- El precio promedio de la energía obtenido dividiendo el total de ingreso entre el total de energía vendida es de L.3,615.32 por MWh.

#### 6.4.5 COMERCIALIZACIÓN

Se usa un canal de distribución primaria ya que la prestación del servicio va desde la empresa productora hacia el consumidor final como ser los clientes o usuarios.

### 6.5 ESTUDIO TÉCNICO

En el estudio técnico se pretende analizar y proponer la mejor opción seleccionada para producir el bien o servicio mediante la medición de capacidad de explotar los recursos disponibles para abordar el problema. Aquí se buscará la forma en que el proyecto aprovecha las fortalezas para disminuir las debilidades que se detecten.

#### OBJETIVOS DEL ESTUDIO TÉCNICO

##### OBJETIVO GENERAL

Establecer la función óptima o la mejor combinación de factores con la utilización eficiente de los recursos disponibles.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la ingeniería de proyectos como sus especificaciones técnicas en instalaciones y equipamiento.
- Determinar los costos del proyecto.
- Determinar la organización del proyecto en la etapa de operación y la creación del programa de trabajo del proyecto en la etapa de operación.

### 6.5.1 TAMAÑO DEL PROYECTO

El tamaño del proyecto será de 382 sistemas individuales de alumbrado público con paneles solares fotovoltaico (Anexo 11) que cubrirá 19.2 Km que corresponden a la I y II etapa del Anillo Periférico con una inversión inicial de L.18,178,065.92

La capacidad instalada del proyecto será: iluminación de 19.2 Km lineales de autopista de dos carriles a cada lado.

### 6.5.2 LOCALIZACIÓN

#### 6.5.2.1 Macro localización

Centro América, Honduras, Departamento de Francisco Morazán, Municipio del Distrito Central, Ciudad de Tegucigalpa. A continuación se puede observar la macro localización en la siguiente Figura 12.



**Figura 12. Mapa de Honduras.**

Fuente: (Webmaster , 2008).

### 6.5.2.2 Micro localización

Está ubicado en la Periferia de Tegucigalpa y Comayagüela, iniciando en el Embalse Los Laureles y finalizando a la altura de la Colonia 21 de Octubre. Se puede observar en la siguiente Figura 13.



**Figura 13. Vista aérea del Anillo Periférico.**

Fuente: (Google Latitude, 2013).

### 6.5.3 TECNOLOGÍA

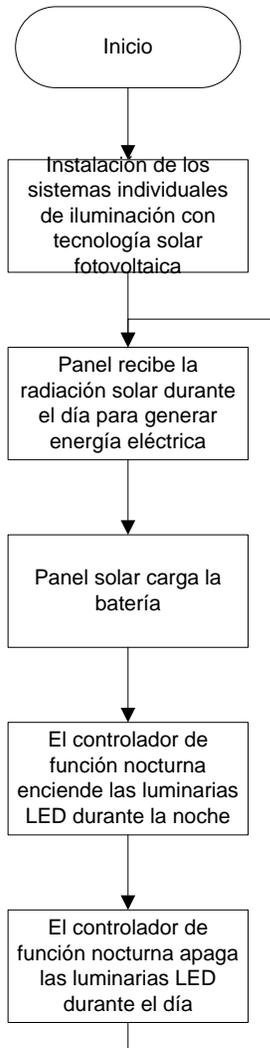
Todo el equipo está catalogado como nivel de tecnología alta y está conformado por los siguientes elementos:

- 382 sistemas individuales de alumbrado público de 2 luminarias LED cada uno.

#### 6.5.4 PROCESO

Una vez que sea entregado el proyecto de alumbrado público con paneles solares por la contratista el departamento de alumbrado público de la ENEE se hará cargo del funcionamiento y mantenimiento de este nuevo sistema.

Las actividades del proceso operativo del funcionamiento del servicio de alumbrado público con paneles solares se muestran en la siguiente Figura 14.



**Figura 14. Diagrama de flujo del servicio del alumbrado público solar fotovoltaico.**

Fuente: Propia con datos obtenidos de SOLARIS.

## 6.5.5 INGENIERÍA DE PROYECTOS

### 6.5.5.1 Instalaciones

A continuación se especifican:

- Eliminación del sistema actual (desmontaje del equipo convencional).
- Cavar hoyos para bases a lo largo de los 19.2 Km cada 50 metros.
- Instalación de las bases.
- Instalación de las baterías en las bases.
- Colocación de las estructuras.
- Instalación de los paneles.
- Instalación de las luminarias.
- Instalación de controlador de función nocturna.
- Prueba de funcionamiento.

### 6.5.5.2 Equipamiento

En la siguiente Tabla 21 se describen las especificaciones del equipo.

**Tabla 21. Equipo del sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos.**

Equipo	Descripción	Cantidad requerida
Modulo solar (panel fotovoltaico)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca segpv</li><li>• Tipo SEG M6/P6</li><li>• Potencia nominal 150 W</li><li>• Tamaño 1010mm*666mm*35mm</li><li>• Tensión nominal 17.6 V</li><li>• Corriente nominal 5.23 A</li><li>• Tensión Voc 21.6 V</li><li>• Corriente Isc 5.79</li><li>• Peso 16 Kg</li><li>• NOCT 45+/-2°C</li><li>• Coeficiente de temperatura de tensión -0.35%/°C</li><li>• Coeficiente de temperatura de</li></ul>	382 unidades

	<ul style="list-style-type: none"> <li>actual +0.33%/°C</li> <li>• Coeficiente de poder de temperatura -0.44%/°C</li> <li>• Mínima tolerancia de potencia 0 +3%</li> <li>• Temperatura de funcionamiento -40 a +85°C</li> <li>• Tensión máxima del sistema 1000VDC</li> <li>• 5 horas de insolación generan carga en baterías para 10-12 horas de encendido en lámparas</li> </ul>	
Batería solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca Trojan</li> <li>• Tipo 24 TMX</li> <li>• Voltaje 12 VCD</li> <li>• Capacidad 100 Ah</li> <li>• Libre de mantenimiento</li> <li>• Terminales para conexiones</li> <li>• Dimensiones 171 mm* 248 mm* 21mm</li> <li>• Peso 21 Kg</li> <li>• Soporta 3 días sin carga</li> </ul>	764 unidades
Lámpara LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca LiteTronix</li> <li>• Fuente de luz LED 70 Nichia LED</li> <li>• 80,000 hrs de vida útil</li> <li>• Tipo de ángulo corto</li> <li>• Temp 5200±400/3000±300K</li> <li>• Potencia de consumo 70 W</li> <li>• Temp operación -30°C-50°C</li> <li>• Peso 2.1 Kg</li> <li>• Outline dim 530L*100W*95mm</li> <li>• Diámetro 55mm</li> </ul>	764 unidades
Controlador función nocturna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función Nocturna (NL) con salida / puesta del sol</li> </ul>	382 unidades

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidad 15 A</li> <li>• Autosense 12/24V</li> <li>• Controlador de Carga Solar</li> <li>• Controlador de Descarga Máxima en Baterías</li> <li>• Controlador de Carga en Baterías</li> <li>• Indicador Principal del Sistema Supervisor de Overload o corto en consumo</li> <li>• Indicador de Carga Baterías</li> <li>• Alarma de mal funcionamiento</li> <li>• Microprocesador programable</li> <li>• Temporizador</li> </ul>	
Estructura (postes) con brazo portalámparas LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones 6 m largo por 4" de diámetro.</li> <li>• Con soporte especial para panel de 150 W</li> <li>• Estructura de acero inoxidable con recubrimiento anticorrosivo</li> <li>• Soporte especial para 2 luminarias de acero galvanizado curvo de 1.5 metros y 1" de diámetro</li> <li>• Base metálica para 2 baterías de láminas de acero</li> <li>• Base para controlador función nocturna de lámina de acero</li> </ul>	382 unidades
Cable del alumbrado eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable de cobre para intemperie solido numero 14 AWG</li> </ul>	11,460 metros

Fuente: Elaboración propia con datos de Solaris.

## 6.5.6 COSTOS

### 6.5.6.1 Costos de ejecución

Los costos de ejecución del proyecto de implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa están estructurados de la siguiente manera (datos obtenidos de Anexo 7):

Sistemas duales de lámparas fotovoltaicas	12,983,416.00
Instalación y mano de obra	<u>3,247,000.00</u>
Subtotal	16,230,416.00
Impuestos sobre ventas	<u>1,947,649.92</u>
<b>Total</b>	<b>L. 18,178,065.92</b>

### 6.5.6.2 Costos de operación

Tomando en consideración que el período de operación estipulado será de 10 años los costos de operación totales del proyecto de implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa están estructurados de la siguiente manera:

Mano de obra	17,872,870.97
Cambio de baterías	<u>14,899,619.59</u>
<b>Total</b>	<b>L. 32,772,490.55</b>

Se ha considerado un incremento equivalente a la tasa de inflación del 5.7% interanual extraída de las publicaciones del banco central de Honduras para el cálculo de los costos.

## 6.5.7 ORGANIZACIÓN

### 6.5.7.1 Organización de la ejecución

En la Tabla 22 se presenta quienes ejecutarán el proyecto:

**Tabla 22. Organización de ejecución del proyecto.**

<b>Personal a cargo</b>	<b>Funciones</b>
Equipo del proyecto: Personal de distribución de la ENEE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planificación de las actividades que se deben realizar durante la ejecución del proyecto.</li><li>• Coordinar y controlar la ejecución de las actividades definidas en la planificación, de manera que el personal a cargo realicen dichas actividades en los tiempos y forma establecidos para alcanzar los objetivos deseados.</li><li>• Gestionar la adquisición de equipos y materiales especificados para el proyecto.</li></ul>
Proveedor de equipo: Empresa Solaris	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar las actividades de instalación y prueba de los equipos.</li></ul>
Departamento de alumbrado público ENEE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desmontaje del actual sistema de alumbrado público.</li><li>• Supervisar la etapa de prueba y verificar el correcto funcionamiento de los equipos instalados.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.7.2 Organización de operación

A continuación se presenta en la Tabla 23 quien operará el proyecto.

**Tabla 23. Organización de operación del proyecto.**

<b>Personal a cargo</b>	<b>Funciones</b>
Departamento de alumbrado público de la ENEE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velar por el correcto funcionamiento de los equipos en operación.</li><li>• Coordinar y supervisar las actividades de mantenimiento de los equipos en operación.</li></ul>
Empresa Solaris	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar las labores de mantenimiento de los sistemas en operación.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia.

## 6.5.8 PROGRAMACIÓN

### 6.5.8.1 Programación de la ejecución del proyecto

En la Tabla 24 se muestra la programación de las actividades para realizar el proyecto.

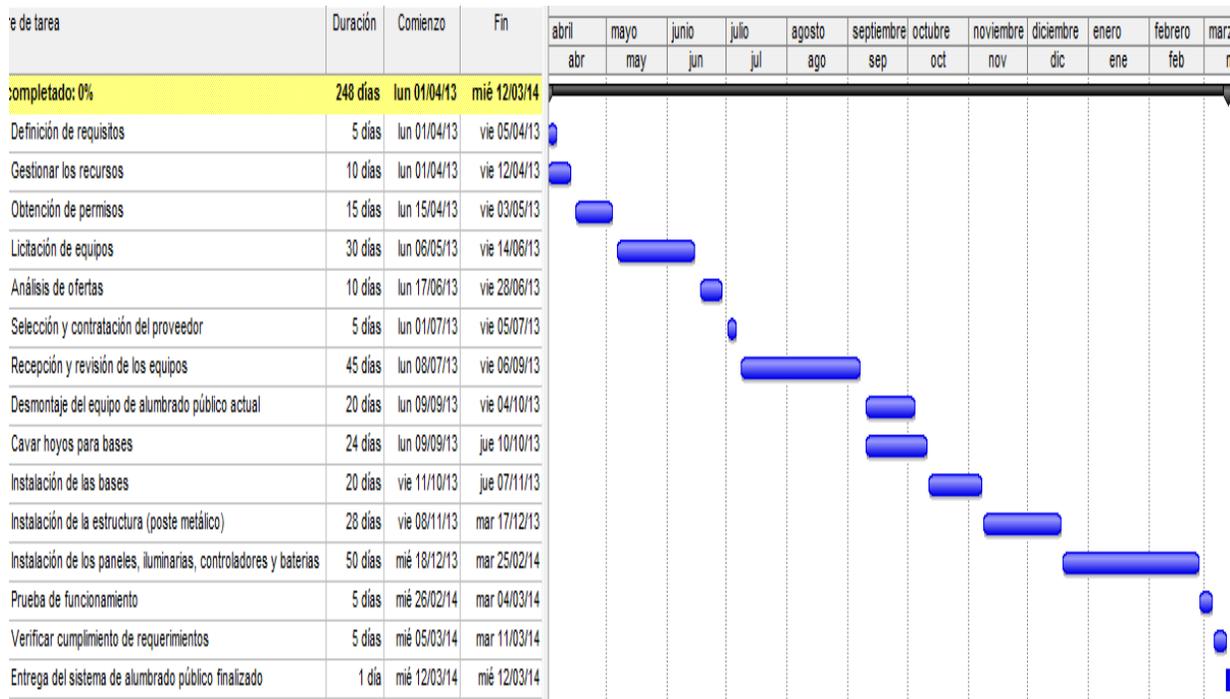
**Tabla 24. Programación de actividades del proyecto.**

Tarea	Duración	Fecha inicio	Fecha final
<b>Sistema de alumbrado público con tecnología solar fotovoltaico</b>	<b>248 días</b>	<b>01/04/2013</b>	<b>12/03/2014</b>
<b>Planificación de las actividades</b>	<b>25 días</b>	<b>01/04/2013</b>	<b>03/05/2013</b>
Definición de requisitos	5 días	01/04/2013	05/04/2013
Gestionar los recursos	10 días	01/04/2013	12/04/2013
Obtención de permisos	15 días	15/04/2013	03/05/2013
<b>Adquisición de los equipos y materiales</b>	<b>90 días</b>	<b>06/05/2013</b>	<b>06/09/2013</b>
Licitación de equipos	30 días	06/05/2013	14/06/2013
Análisis de ofertas	10 días	17/06/2013	28/06/2013
Selección y contratación del proveedor	5 días	01/07/2013	05/07/2013
Recepción y revisión de los equipos	45 días	08/07/2013	06/09/2013
<b>Instalación y prueba de los equipos</b>	<b>127 días</b>	<b>09/09/2013</b>	<b>04/03/2014</b>
<b>Instalación</b>	<b>122 días</b>	<b>09/09/2013</b>	<b>25/02/2014</b>
Desmontaje del equipo de alumbrado público actual	20 días	09/09/2013	04/10/2013
Cavar hoyos para bases	24 días	09/09/2013	10/10/2013
Instalación de las bases	20 días	11/10/2013	07/11/2013
Instalación de la estructura (poste metálico)	28 días	08/11/2013	17/12/2013
Instalación de los paneles, iluminarias, controladores y baterías	50 días	18/12/2013	25/02/2014
Prueba de funcionamiento	5 días	26/02/2014	04/03/2014
<b>Sistema de alumbrado público terminado</b>	<b>6 días</b>	<b>05/03/2014</b>	<b>12/03/2014</b>
Verificar cumplimiento de requerimientos	5 días	05/03/2014	11/03/2014
Entrega del sistema de alumbrado público finalizado	1 día	12/03/2014	12/03/2014

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.8.2 Diagrama de Gantt

A continuación se presenta el Diagrama de Gantt con las fechas y días programados del proyecto.



**Figura 15.** Fechas de programación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6 ESTUDIO FINANCIERO

La evaluación financiera pretende medir la rentabilidad de los proyectos, contrastando el flujo de costos con los beneficios que se desprenden de su implementación. Los costos corresponden al valor de los recursos utilizados, en tanto que los beneficios son el valor de los bienes o servicios producidos por el proyecto.

El presente estudio financiero ha sido realizado con el fin de conocer la rentabilidad del proyecto de implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa mediante el uso de herramientas financieras de evaluación contable y científico en base a los indicadores VAN y TIR.

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO FINANCIERO

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar el proyecto de implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa mediante métodos y técnicas financieras, dando a conocer cuan rentable es el proyecto.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la fuente de financiamiento para el proyecto de implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa.
- Definir los flujos de fondos que generan, tanto el sistema actual como el proyecto a implementar, para poder medirlos financieramente.
- Realización de un análisis financiero y análisis de sensibilidad del sistema actual y del proyecto.

#### 6.6.1 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Una vez establecido el monto de la inversión, el cuales asciende a L.18, 178,065.92 se ha determinado que el proyecto será financiado en un 100% con fondos propios de la ENEE. Estos fondos provienen de los cobros que la ENEE realiza a los abonados por concepto de alumbrado público.

En la investigación realizada, la mejor oferta de ganancias de capital libre de riesgo que se ha identificado en la que se podrían invertir los recursos en lugar de utilizarlos para la ejecución del proyecto son los bonos del estado los cuales ofrecen una tasa del 5.9% según datos de BCH extraídos del resultado de la subasta pública de letras de tesorería No. SPB 01-01/2013 y esta tasa es la que se utilizará para evaluar financieramente la rentabilidad del proyecto.

#### 6.6.2 FLUJOS DE FONDOS

Para calcular los flujos de efectivo del proyecto implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa se tomaran en cuenta los siguientes aspectos:

- **Valor de la inversión.** Este dato es extraído de la cotización realizada en la empresa de venta de equipos solares fotovoltaicos SOLARIS; en combinación con los datos de la cantidad de sistemas necesarios para el funcionamiento del alumbrado público en el Anillo Periférico obtenido a través de un trabajo de campo realizado por los tesisistas y comparado con los datos proporcionados por el Ing. Francisco Argüelles, jefe del departamento de alumbrado público de la zona Centro-Sur de la ENEE. Este valor se calculó con datos de la Tabla 25.

**Tabla 25. Inversión en el sistema de alumbrado público con tecnología solar fotovoltaica**

Aspectos en considerar	Cantidad
Sistemas de 2 focos	382
Costo del sistema	L. 47,586.56
Total de inversión en el sistema	L. 18,178,065.92

Fuente: Elaboración propia con datos de Anexo 7.

- **Ingresos por venta de energía eléctrica.** Este valor se extrae de las publicaciones estadísticas de la ENEE (2013), al cual se le aplicó el porcentaje de inflación interanual publicado por el BCH (2013).
- **Gastos de mantenimiento anual.** Este valor fue calculado de la siguiente manera con datos de la Tabla 26.

**Tabla 26. Gastos de mantenimiento anual del Sistema Alumbrado Público con Tecnología Solar Fotovoltaica.**

Costos	Cantidad
Mano de Obra	L. 3,600.00
Cambio de baterías	L. 3,001.12
Costo anual por sistema	L. 6,601.12
Cantidad de sistemas	382 Unidades
<b>Costo de Mantenimientos Anual (cantidad de sistemas multiplicado por costo anual)</b>	<b>L. 2,521,627.84</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Anexo 7.

Al valor del mantenimiento del sistema se le aplicó el porcentajes de inflación interanual publicado por el BCH (2013).

Para calcular los flujos de fondos del actual sistema de alumbrado público utilizado en el Anillo Periférico de Tegucigalpa se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- **Venta anual de energía.** Este valor se extrae de calcular el consumo de energía de las 764 lámparas de 400W instaladas en el sistema de alumbrado público actual y el cálculo del precio de venta de la energía eléctrica utilizada en alumbrado público. Estos dos cálculos se presentan a continuación en la Tabla 27.

**Tabla 27. Consumo anual de energía en el sistema actual de alumbrado público.**

Aspectos a considerar	Valor
Capacidad de los Focos	400 Watts
Cantidad de Focos	764 Focos
Consumo de energía por foco en 1 año	1,752 kWh
Consumo total de energía en 1 año	1,339 MWh

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENEE.

**Tabla 28. Cálculo de precio de venta por energía eléctrica utilizada en el alumbrado público**

Aspecto a considerar	Valor
Energía vendida por servicio de alumbrado público en el año 2012	L.125,300 por MWh
Cobros por alumbrado público en el año 2012	L. 453,000,000.00
Precio de venta promedio de energía en alumbrado público	L. 3,615.32 por MWh

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENEE.

Al valor del precio de venta se le aplicó el porcentajes de inflación interanual publicado por el BCH (2013).

- **Costo anual de la energía.** Este valor se obtiene combinando el costo promedio de la energía en el SIN (2,503.95 kWh) extraído de CNE (2012) y la cantidad de

energía consumida en el actual sistema de alumbrado público cuyo cálculo se describe en la Tabla 27. Al valor del costo anual de la energía se le aplicó el porcentajes de inflación interanual publicado por el BCH (2013).

- **Porcentaje de pérdida del sistema.** Este se obtiene aplicando el 26% de pérdidas del sistema extraído de los datos de ENEE (2012) al valor del costo anual de energía.
- **Gastos de Mantenimientos.** Obtenido mediante entrevista realizada al Ing. Francisco Argüelles, jefe del departamento de alumbrado público en la zona Centro-Sur de la ENEE. Este valor asciende a L. 341,273.80 anuales.

**Tabla 29. Flujos de efectivo generados por el proyecto.**

Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	L. 18178,065.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado público	-	L. 4839,211.36	L. 5115,046.41	L. 5406,604.06	L. 5714,780.49	L. 6040,522.98	L. 6384,832.79	L. 6748,768.26	L. 7133,448.05	L. 7540,054.59	L. 7969,837.70
Gastos de Mantenimiento	-	L. 2521,627.84	L. 2665,360.63	L. 2817,286.18	L. 2977,871.50	L. 3147,610.17	L. 3327,023.95	L. 3516,664.32	L. 3717,114.18	L. 3928,989.69	L. 4152,942.10
<b>Ingresos Netos</b>	<b>L. -18178,065.92</b>	<b>L. 2317,583.52</b>	<b>L. 2449,685.79</b>	<b>L. 2589,317.88</b>	<b>L. 2736,908.99</b>	<b>L. 2892,912.81</b>	<b>L. 3057,808.84</b>	<b>L. 3232,103.94</b>	<b>L. 3416,333.87</b>	<b>L. 3611,064.90</b>	<b>L. 3816,895.59</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 30. Flujos de efectivo generados por el sistema actual.**

Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado Público	-	L. 4839,211.36	L. 5115,046.41	L. 5406,604.06	L. 5714,780.49	L. 6040,522.98	L. 6384,832.79	L. 6748,768.26	L. 7133,448.05	L. 7540,054.59	L. 7969,837.70
Costo de la energía	-	L. 3351,602.37	L. 3542,643.70	L. 3744,574.39	L. 3958,015.13	L. 4183,622.00	L. 4422,088.45	L. 4674,147.49	L. 4940,573.90	L. 5222,186.61	L. 5519,851.25
Porcentaje de perdida del sistema	-	L. 871,416.62	L. 921,087.36	L. 973,589.34	L. 1029,083.93	L. 1087,741.72	L. 1149,743.00	L. 1215,278.35	L. 1284,549.21	L. 1357,768.52	L. 1435,161.32
Ingresos por en Alumbrado Público	-	L. 616,192.38	L. 651,315.35	L. 688,440.32	L. 727,681.42	L. 769,159.26	L. 813,001.34	L. 859,342.42	L. 908,324.93	L. 960,099.46	L. 1014,825.12
Gastos de Mantenimiento	-	L. 341,273.80	L. 360,726.41	L. 381,287.82	L. 403,021.22	L. 425,993.43	L. 450,275.06	L. 475,940.74	L. 503,069.36	L. 531,744.31	L. 562,053.74
<b>Ingresos Netos</b>		<b>L. 274,918.58</b>	<b>L. 290,588.94</b>	<b>L. 307,152.51</b>	<b>L. 324,660.20</b>	<b>L. 343,165.83</b>	<b>L. 362,726.28</b>	<b>L. 383,401.68</b>	<b>L. 405,255.58</b>	<b>L. 428,355.14</b>	<b>L. 452,771.39</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.6.3 INDICADORES

Para el cálculo de los indicadores del proyecto se utilizó la tasa de rendimiento esperada de inversiones libres de riesgos (Bonos del estado) de 5.7%. A continuación se muestran los resultados de dichos indicadores en la Tabla 31:

**Tabla 31. Comparativo del VAN del sistema actual y el nuevo sistema.**

	<b>Sistema actual</b>	<b>Nuevo sistema</b>
<b>VAN</b>	L. 2,574,068.81	L. 3,521,520.62

Fuente: Elaboración Propia.

TIR del proyecto = 9.47%

### 6.6.4 ANÁLISIS FINANCIERO

- Con un VAN de L. 3,521,520.62 para el proyecto y un VAN de L. 2,574,068.81 manteniendo el sistema actual se puede decir con certeza que es más rentable para la ENEE invertir en el nuevo sistema de alumbrado público con tecnología solar fotovoltaica en el Anillo Periférico de Tegucigalpa.
- Con una TIR de 9.47% obtenida por el proyecto en el período de 10 años de vida útil y considerando la tasa de 5.7% de tasa de rendimiento mínima esperada se puede concluir que invertir en el proyecto le generaría mayores beneficios económicos a la ENEE que invertir en opciones de capital libre de riesgo, por lo tanto para la ENEE invertir en el proyecto es aceptable.

### 6.6.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

#### **ESCENARIO I**

En este escenario se aplica un incremento del 10% a los todos los costos, tanto del sistema actual como del proyecto, con el fin de determinar cómo se comportarían los indicadores financieros y saber si, de suceder esto, el proyecto sería aún rentable.

Con estos cambios, el VAN del proyecto sigue alto L. 1,160,514.81 mientras que el VAN del sistema actual sufrió una caída significativa y ubicándose en valores negativos L. -1,699,488.76 esto se debe principalmente a que el proyecto solamente genera

costos por mantenimiento, mientras que el sistema actual se ve afectado por el costo promedio de la energía generada en el sistema, los costos de mantenimiento y las pérdidas de energía del SIN. La TIR del proyecto aun con el incremento en los costos se mantiene por encima de la tasa mínima de rendimiento esperada, ubicándose en un 7.11% con estos datos se puede concluir que el proyecto continúa siendo rentable y sigue siendo una mejor opción frente al sistema actual para la ENEE.

## ESCENARIO II

En este escenario se aplica una reducción del 8% a los ingresos, a los flujos de efectivo del sistema actual y los del proyecto para determinar cómo se comportarían los indicadores financieros y saber si, de suceder esto, el proyecto sería aún rentable.

Con estos cambios, el VAN del proyecto baja hasta L. -103,250.95 y el VAN del sistema actual cae hasta L. -1,370,238.18 con estos datos se puede concluir que el proyecto no puede soportar bajas en los ingresos por alumbrado público del 8% pero de suceder esto en el sistema actual se registrarían pérdidas mayores.

A continuación se muestra en la Tabla 32 un resumen de los indicadores calculados en el proyecto.

**Tabla 32. Indicadores financieros de la sensibilidad del proyecto**

Indicador	Sistema actual	Nuevo sistema
Van	L. 2,574,068.81	L. 3,521,520.62
Van escenario I	L. -1,699,488.76	L. 1,160,514.81
Van escenario II	L. -1,370,238.18	L. -103,250.95

Fuente: Elaboración propia con datos de Anexos 8 y 9.

## 6.7 ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

La evaluación social de proyectos persigue medir la verdadera contribución de los proyectos al bienestar socioeconómico de las comunidades que conforman el entorno donde se desarrollará y operará el proyecto.

### OBJETIVOS DEL ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

#### OBJETIVO GENERAL

Determinar el impacto social que genera la implementación de un nuevo sistema de alumbrado público con paneles solares fotovoltaicos en el Anillo Periférico de Tegucigalpa en la sociedad en su conjunto.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los objetivos principales del proyecto y realizar una comparación con los objetivos sectoriales.
- Determinar externalidades del proyecto.

#### 6.7.1 COMPARACIÓN OBJETIVOS DEL PROYECTO Y OBJETIVOS SECTORIALES

De acuerdo a los objetivos definidos para este proyecto, los objetivos del sector destinado (servicio) y las entidades involucradas, se relacionan:

- El servicio de alumbrado público contribuye a mejorar las condiciones de seguridad y confiabilidad de los habitantes.
- La iluminación de la autopista mejora con la eficiencia luminosa de las lámparas LED.
- La utilización de tecnologías con fuentes renovables como la solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica son potencialmente menos costosas a largo plazo que los sistemas actuales por lo tanto los recursos que se ahorran en el uso de estos sistemas se pueden aprovechar en desarrollo de otros proyectos sociales.
- El uso de fuentes de producción de energía eléctrica con fuentes alternativas produce beneficios ambientales por la reducción de dióxido de carbono en la atmosfera también mejora la imagen y el desarrollo económico del área.

## 6.7.2 DEFINICIÓN DE EXTERNALIDADES

### Positivos

- Mejoras viales ya que con una mayor iluminación se espera que se reduzca sustancialmente la cantidad de accidentes en horas de la noche relacionados con la falta de visibilidad.
- Desarrollo urbano debido al uso de tecnología vanguardista en la estructura del sistema vial de la ciudad.
- Con mayor iluminación se espera un aumento en los niveles de seguridad dentro del área del proyecto.
- Crecimiento económico con la combinación de los elementos anteriores podría aumentar la cantidad de personas que transitan por la autopista haciendo de este un lugar más atractivo para instalación de nuevos negocios.
- Con la llegada de nuevos negocios también se espera la generación de empleo.

### Negativas

- Aumento del congestionamiento vial debido al desarrollo urbanístico de la zona que provocaría una mayor circulación de vehículos.

## 6.7.3 VALOR AGREGADO

Utilidad neta	30,120,616.12
Sueldos y salarios	21,509,510.97
Impuesto	228,646.92
<b>Valor agregado</b>	<b>L. 51,858,774.01</b>

## BIBLIOGRAFÍA

1. BCH. (26 de Noviembre de 2012). Banco Central de Honduras. Recuperado el 26 de Noviembre de 2012, de [http://www.bch.hn/pib\\_base2000.php](http://www.bch.hn/pib_base2000.php)
2. BCH. (01 de Marzo de 2013). BCH. Recuperado el 01 de Marzo de 2013, de [www.bch.hn](http://www.bch.hn)
3. CEPAL. (2012). Centroamérica: Estadísticas de Hidrocarburos 2011. México DF: Naciones Unidas.
4. CNE. (2012). Institute of the Americas. Recuperado el 19 de Noviembre de 2012, de [http://www.iamericas.org/presentations/energy/TME/Angel\\_Soto\\_CNE\\_Honduras.pdf](http://www.iamericas.org/presentations/energy/TME/Angel_Soto_CNE_Honduras.pdf)
5. Comisión Nacional de Energía. (2010). Comisión Nacional de Energía. Recuperado el 20 de Diciembre de 2012, de <http://cne.gob.hn/home/estadisticas-sub-sector-electrico/datos>
6. EIA. (2012). U.S. Energy Information Administration. Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de <http://www.eia.gov/analysis/projection-data.cfm#annualproj>
7. ENEE. (2011). Plan Estratégico 2011-2014. Tegucigalpa: ENEE.
8. ENEE. (Diciembre de 2012). Boletín Estadístico Diciembre 2012. Recuperado el 4 de Diciembre de 2012, de <http://204.249.98.214/webenee/Estadisticas2011/-index.html>
9. ENEE. (Diciembre de 2012). ENEE. Recuperado el 4 de Diciembre de 2012, de [http://mail.enee.hn/Pagina\\_Web/Estadisticas2011/index.html](http://mail.enee.hn/Pagina_Web/Estadisticas2011/index.html)
10. ENEE. (2013). ENEE. Recuperado el 18 de 02 de 2013, de <http://www.enee.hn/-index.php/planificacionicono/182-boletines-estadisticos>

11. ENEE. (2013). ENEE. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de <http://www.-enee.hn/index.php/centrales-hidroelectricas/81-cajon>
12. Energía Renovable Honduras. (2011). Energía Renovable Honduras. Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de [http://energiarenovable.hn/index.php?option=-com\\_gmapfp&view=gmapfp&layout=categorie&catid=37&id\\_perso=0&Itemid=122&lang=es](http://energiarenovable.hn/index.php?option=-com_gmapfp&view=gmapfp&layout=categorie&catid=37&id_perso=0&Itemid=122&lang=es)
13. Fernández Liria, C., Fernández Liria, P., & Zahonero, L. A. (2008). Educación ético-cívica. Madrid: Ediciones AKAL.
14. Figueroa, M. A. (2012). ariae. Recuperado el 20 de Diciembre de 2012, de [http://www.ariae.org/download/reuniones/XVI\\_Reunion\\_ARIAE\\_2012/MIGUEL%20FIGUEROA%20CNE-HONDURAS\\_ARIAE\\_2012.pdf](http://www.ariae.org/download/reuniones/XVI_Reunion_ARIAE_2012/MIGUEL%20FIGUEROA%20CNE-HONDURAS_ARIAE_2012.pdf)
15. Flores, W. (2010). Sistema de Información y Registro de los Investigadores de Honduras. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de <http://www.sirih.org/-uploaded/content/article/1738307773.pdf>
16. Flores, W., Rodas, O., & Rivas, F. R. (2010). Initiatives in the Rational Use of Energy in Honduras. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 533-541.
17. GIZ. (27 de 10 de 2011). Energías Renovables (ER) y Eficiencia Energética (EE) en Centroamérica. VI CONGRESO INDUSTRIAL DE HONDURAS. San Pedro Sula, Honduras.
18. Global Energy Network Institute GENI. (2010). Global Energy Network Institute GENI. Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de <http://www.geni.org/-globalenergy/library/renewable-energy-resources/world/latin-america/solar-latin-america/solar-guatemala.shtml>

19. González, J. (17 de Septiembre de 2012). Jalisco analiza usar lámparas solares LED's. El Universal.
20. Google Latitude. (2013). Latitude. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <https://latitude.google.com/latitude/b/0?hl=es>
21. Guerrero, R. M., Focke, K., & Cueva, S. (Abril de 2011). El Sector Financiero de Honduras. Tegucigalpa: BID.
22. INE. (2009). Estadísticas de Producción y Consumo de Energía Eléctrica. Tegucigalpa: INE.
23. INE. (2012). Estadísticas de los Combustibles en Honduras (2006-2010). Tegucigalpa: INE.
24. Llopis, G., & Rodrigo, V. (2012). Guía de la Energía Geotérmica. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
25. Méndez, J. M., & Cuervo, R. (2008). Energía Solar Térmica. Madrid: FC Editorial.
26. Mendoza, J., Fernández, M. A., & Arrastía Ávila, M. A. (7 de Noviembre de 2007). Educación Enerxética e Desenvolvemento Sostible. La Coruña: UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA.
27. Miliarium. (2012). Miliarium. Recuperado el 3 de Noviembre de 2012, de <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/Biomasa/Welcome.asp>
28. Negri de Magalhaes, C. H., & Morales, M. E. (2008). Prospectiva Energética y Escenarios Posibles. PNUD, Proyecto de Análisis Político y Escenarios Posibles (PAPEP) Honduras. ONU.

29. Nikola, T. (2012). Yo y la energía. Madrid: Turner Publicaciones S.L.
30. Ochoa, J. D. (2009). Servicios de Consultoría para Evaluación del Impacto de la Producción y Comercialización del Biodiesel en el Mercado de Honduras. Tegucigalpa: BID.
31. Olade. (2012). Olade. Recuperado el 10 de Noviembre de 2012, de [www.olade.org](http://www.olade.org)
32. Pampagrass. (2009). Proyecto ARECA. Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de <http://www.proyectoareca.org/?cat=1015&title=Estudios&lang=es>
33. Pelfini, A., Fulquet, G., & Beling, A. (2012). La energía de los emergentes. Buenos Aires: Editorial Teseo.
34. PNUD. (2010). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado el 21 de Octubre de 2012, de [http://www.undp.un.hn/energia\\_y\\_medio\\_ambiente.htm](http://www.undp.un.hn/energia_y_medio_ambiente.htm)
35. Pongutá, J. J. (2003). Guía para el manejo de energías alternativas. Bogotá: CAB editores.
36. Proceso Digital. (20 de Noviembre de 2012). ENEE pierde unos 10 millones de lempiras por alumbrado público encendido durante el día. Proceso Digital.
37. Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América. (16 de 8 de 2012). Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América. Recuperado el 16 de 3 de 2013, de <http://ww.energias4e.com/-noticia.php?id=1229>
38. Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América. (11 de 2012). Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centro América. Recuperado el 2 de 3 de 2013, de <http://www.energias4e.com/-noticia.php?id=1437>

39. Ramírez, J. (2006). Una Visión de la Problemática Ambiental de Mexicali y Su Valle. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
40. Robles, S. (2001). Información Climatológica Para la Aplicación de la Energía de la Biomasa. La Paz, México: ORGANIZACION METEOROLÓGICA MUNDIAL.
41. Sarmiento, P. (2007). Energía Solar en Arquitectura y Construcción. Santiago de Chile: RIL editores.
42. Tyler Jr., G. (2007). Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral. D.F México: Cengage Learning Editores.
43. Villarrubia, M. (2004). Energía eólica. Barcelona: Ediciones CEAC.
44. Webmaster. (11 de Septiembre de 2008). HONDURAS'BIZ. Recuperado el 20 de Febrero de 2013, de <http://www.hondurasbiz.com/spip.php?article17>

## ANEXOS

### Anexo 1. Cantidad de energía generada para el SIN por año, según producto y naturaleza de energía en MW.

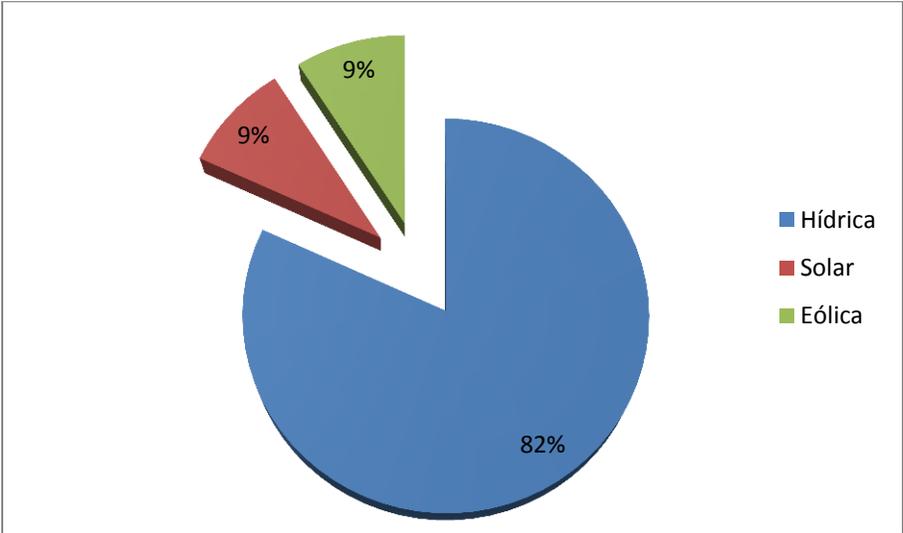
Año	Tipo de Central								
	Plantas Estatales			Plantas Privadas					
	Hidráulica	Motor Diesel	T. Gas	Hidráulica	Motor Diesel	T. Gas	Biomasa	Eólica	Total
2000	434.4	92.8	63.0	0.8	288.2	39.5	1.5	-	920.2
2001	434.4	93.2	63.0	0.8	290.7	39.5	1.5	-	923.1
2002	464.4	92.7	33.0	1.3	395.7	39.5	17.0	-	1043.6
2003	464.4	92.7	33.0	2.5	395.7	39.5	17.0	-	1044.8
2004	464.4	91.6	33.0	10.5	609.9	39.5	30.0	-	1279.9
2005	464.4	91.6	33.0	14.7	823.8	39.5	59.8	-	1526.8
2006	464.4	91.6	33.0	38.5	821.2	39.5	59.8	-	1548.0
2007	464.4	91.6	33.0	55.3	816.8	39.5	67.8	-	1568.3
2008	464.4	91.6	33.0	57.5	824.8	39.5	81.8	-	1592.6
2009	464.4	91.6	33.0	57.5	828.4	39.5	91.4	-	1605.8
2010	464.4	91.6	33.0	62.0	828.4	39.5	91.4	-	1610.3
2011	464.4	91.6	33.0	64.8	840.9	39.5	136.4	102.0	1772.6
2012	464.4	91.6	33.0	73.4	841.1	39.7	137.5	102.0	1782.7

Fuente: (ENEE, 2012).

## Anexo 2. Guía genérica de preguntas para el desarrollo de entrevistas con los expertos.

Fuentes de producción de energía	¿Cuáles considera Ud. que son las mejor fuentes de producción de energía considerando aspectos económicos, sociales y ambientales?
	¿Considera usted que se están explotando de forma eficiente y suficiente las fuentes de producción de energía disponibles en el país? (de ser necesario preguntar el porqué).
	¿Cuáles de estas fuentes de producción de energía no están siendo explotadas adecuadamente? (de ser necesario preguntar el porqué).
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación
Tecnologías	Considerando los niveles: Alto, Medio, Bajo. ¿Cómo calificaría Ud. la tecnología aplicada a las diferentes fuentes de producción de energía en el país?
	¿Cree Ud. que las tecnologías más óptimas para la producción de energía se encuentren disponibles en el país? (de ser necesario preguntar el porqué).
	¿Cuál considera es la tendencia general y la del país en cuanto a tecnologías de producción de energía?
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación
Personal técnico capacitado	¿Existe personal técnico capacitado disponible y suficiente en el sector energético?
	¿El personal disponible es capacitado dentro o fuera del país?
	Que áreas del conocimiento en materia energética cree Ud. que necesitan ser desarrollados internamente
	¿Por qué cree Ud. que no han sido desarrolladas anteriormente dichas áreas del conocimiento?
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación
Política energética	¿Es adecuada la política energética del país?
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación
Legislación	En materia de energía ¿Esta la legislación orientada conforme a la política de energética?
	¿Qué cambios considera se podrían realizar dentro de la legislación para fortalecer la política energética?
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación
Matriz energética	Considerando la situación actual del país y las acciones implementadas en el sector energético ¿cuál cree usted que sería la tendencia de los impactos económicos y financieros derivados de la actual matriz energética?
	Realizar cualquier otra interrogante que surja durante la conversación

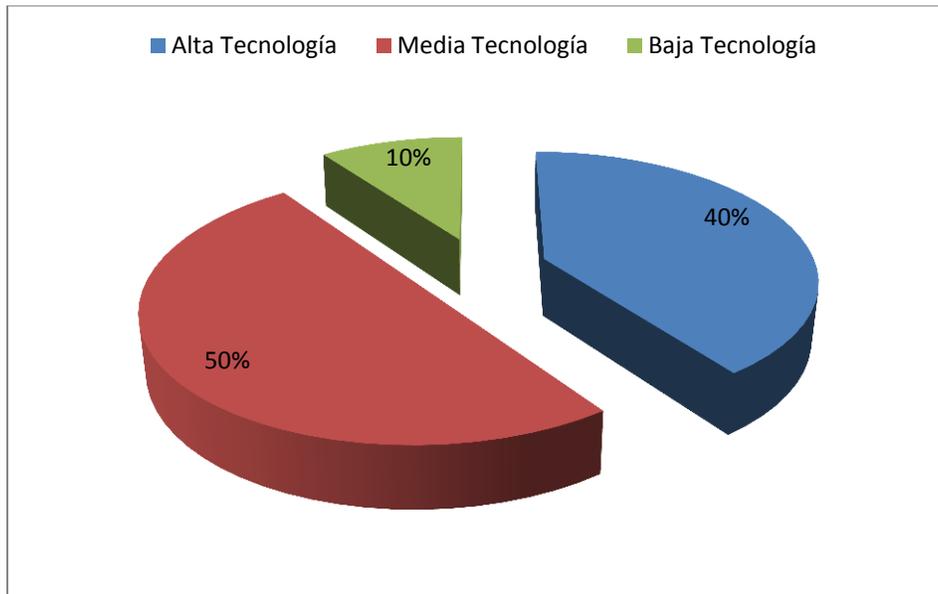
**Anexo 3 . Principales Fuentes de Producción de Energía en Honduras Según los Expertos.**



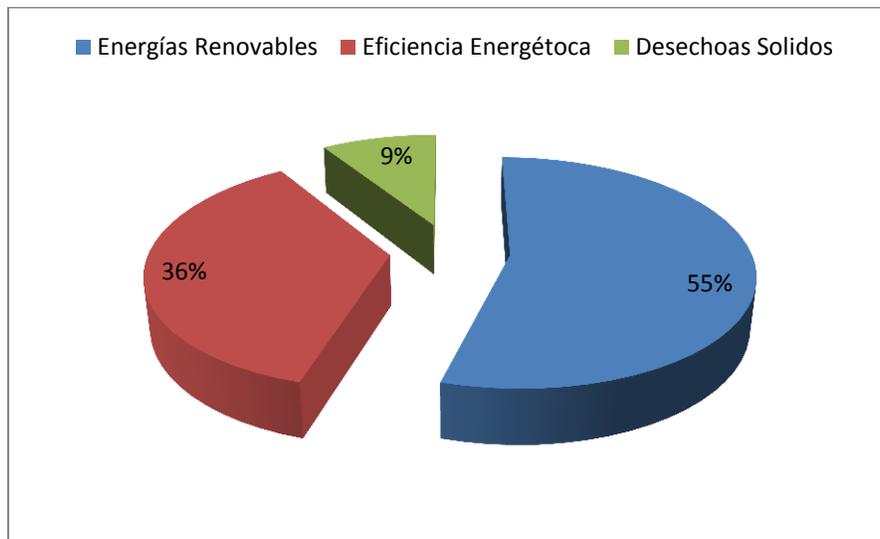
**Anexo 4. Razón por la que no son Explotadas Adecuadamente las Fuentes de Producción disponibles en el País según los expertos.**



### Anexo 5. Niveles de Tecnología Utilizados en el País.



### Anexo 6. Áreas de Conocimiento que se Deben Desarrollar según los expertos.



## Anexo 7. Cotización de los sistemas de alumbrado público con paneles solares



[ovarela@solarishn.com](mailto:ovarela@solarishn.com)

[www.solarishn.com](http://www.solarishn.com)

Tel: (504) 2239-8213, 2232-0188, 2232-1831

Fax: (504) 2239-1828

SPS: 2550-0867

Destil: 2783-5297

La Ceiba: 2441-1816

Cliente: Socobuem p

Telefono: 2238-8588

### COTIZACIÓN

Fecha: 07/03/2013

Plazo de Entrega: inmediato

Dirección: \_\_\_\_\_

Condición de Pago: contado

Por medio de la presente nos es grato someter a consideración nuestra oferta.

CANTIDAD			TOTAL
1	Sistema de luminaria publica de 12 Horas	L. 33,988.00	L. 33,988.00
1	Instalacion y mano de obra	L. 8,500.00	L. 8,500.00
<p>Nota con lo que es mantenimiento si es dentro de la ciudad estaríamos hablando de Lps. 900.00</p> <p>Un mantenimiento cada 3 Meses</p> <p>Garantías Panel Solar 25 Años Baterías 1 Año (los primeros 3 meses Garantía total)</p>			
SUB-TOTAL			L. 42,488.00
IS V			<u>L. 5,098.68</u>
TOTAL			L. 47,586.68

Oscar Varela

Asesor de Ventas

Aceptado



## Anexo 8. Flujos de efectivo generados con el ecenario I de sensibilidad

Nuevo Sistema											
Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	L. 18178,065.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado público	-	L. 4839,211.36	L. 5115,046.41	L. 5406,604.06	L. 5714,780.49	L. 6040,522.98	L. 6384,832.79	L. 6748,768.26	L. 7133,448.05	L. 7540,054.59	L. 7969,837.70
Gastos de Mantenimiento	-	L. 2773,790.62	L. 2931,896.69	L. 3099,014.80	L. 3275,658.64	L. 3462,371.19	L. 3659,726.34	L. 3868,330.75	L. 4088,825.60	L. 4321,888.66	L. 4568,236.31
<b>Ingresos Netos</b>	<b>L. -18178,065.92</b>	<b>L. 2065,420.74</b>	<b>L. 2183,149.72</b>	<b>L. 2307,589.26</b>	<b>L. 2439,121.84</b>	<b>L. 2578,151.79</b>	<b>L. 2725,106.44</b>	<b>L. 2880,437.51</b>	<b>L. 3044,622.45</b>	<b>L. 3218,165.93</b>	<b>L. 3401,601.38</b>

VAN L. 1160,514.81  
TIR 7.11%

Sistema Actual											
Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado Público	-	L. 4839,211.36	L. 5115,046.41	L. 5406,604.06	L. 5714,780.49	L. 6040,522.98	L. 6384,832.79	L. 6748,768.26	L. 7133,448.05	L. 7540,054.59	L. 7969,837.70
Costo de la energía	-	L. 3686,762.60	L. 3896,908.07	L. 4119,031.83	L. 4353,816.65	L. 4601,984.20	L. 4864,297.29	L. 5141,562.24	L. 5434,631.29	L. 5744,405.27	L. 6071,836.37
Porcentaje de pérdida del sistema	-	L. 958,558.28	L. 1013,196.10	L. 1070,948.28	L. 1131,992.33	L. 1196,515.89	L. 1264,717.30	L. 1336,806.18	L. 1413,004.13	L. 1493,545.37	L. 1578,677.46
Ingresos por en Alumbrado Público	-	L. 193,890.48	L. 204,942.24	L. 216,623.95	L. 228,971.51	L. 242,022.89	L. 255,818.20	L. 270,399.83	L. 285,812.62	L. 302,103.94	L. 319,323.87
Gastos de Mantenimiento	-	L. 375,401.18	L. 396,799.05	L. 419,416.60	L. 443,323.34	L. 468,592.78	L. 495,302.56	L. 523,534.81	L. 553,376.29	L. 584,918.74	L. 618,259.11
<b>Ingresos Netos</b>		<b>L. -181,510.70</b>	<b>L. -191,856.81</b>	<b>L. -202,792.65</b>	<b>L. -214,351.83</b>	<b>L. -226,569.88</b>	<b>L. -239,484.37</b>	<b>L. -253,134.98</b>	<b>L. -267,563.67</b>	<b>L. -282,814.80</b>	<b>L. -298,935.24</b>

VAN L. -1699,488.76

## Anexo 9. Flujos de efectivo generados con el escenario II de sensibilidad

Nuevo Sistema

Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	L. 18178,065.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado público	-	L. 4452,074.46	L. 4705,842.70	L. 4974,075.73	L. 5257,598.05	L. 5557,281.14	L. 5874,046.16	L. 6208,866.80	L. 6562,772.20	L. 6936,850.22	L. 7332,250.68
Gastos de Mantenimiento	-	L. 2521,627.84	L. 2665,360.63	L. 2817,286.18	L. 2977,871.50	L. 3147,610.17	L. 3327,023.95	L. 3516,664.32	L. 3717,114.18	L. 3928,989.69	L. 4152,942.10
Ingresos Netos	L. -18178,065.92	L. 1930,446.62	L. 2040,482.07	L. 2156,789.55	L. 2279,726.56	L. 2409,670.97	L. 2547,022.21	L. 2692,202.48	L. 2845,658.02	L. 3007,860.53	L. 3179,308.58

VAN L. -103,250.95

TIR 5.79%

Sistema Actual

Concepto	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos por Alumbrado Público	-	L. 4452,074.46	L. 4705,842.70	L. 4974,075.73	L. 5257,598.05	L. 5557,281.14	L. 5874,046.16	L. 6208,866.80	L. 6562,772.20	L. 6936,850.22	L. 7332,250.68
Costo de la energía	-	L. 3351,602.37	L. 3542,643.70	L. 3744,574.39	L. 3958,015.13	L. 4183,622.00	L. 4422,088.45	L. 4674,147.49	L. 4940,573.90	L. 5222,186.61	L. 5519,851.25
Porcentaje de pérdida del sistema	-	L. 871,416.62	L. 921,087.36	L. 973,589.34	L. 1029,083.93	L. 1087,741.72	L. 1149,743.00	L. 1215,278.35	L. 1284,549.21	L. 1357,768.52	L. 1435,161.32
Ingresos por en Alumbrado Público	-	L. 229,055.47	L. 242,111.64	L. 255,912.00	L. 270,498.98	L. 285,917.42	L. 302,214.72	L. 319,440.96	L. 337,649.09	L. 356,895.09	L. 377,238.11
Gastos de Mantenimiento	-	L. 375,401.18	L. 396,799.05	L. 419,416.60	L. 443,323.34	L. 468,592.78	L. 495,302.56	L. 523,534.81	L. 553,376.29	L. 584,918.74	L. 618,259.11
Ingresos Netos		L. -146,345.71	L. -154,687.42	L. -163,504.60	L. -172,824.36	L. -182,675.35	L. -193,087.85	L. -204,093.85	L. -215,727.20	L. -228,023.65	L. -241,021.00

VAN L. -1370,238.18

## Anexo 10. Alumbrado Público encendido las 24 Horas del día.



Fuente: (El Heraldo, 2012).



Fuente: (Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroa América, 2012).

## Anexo 11. Alumbrado Público Con Paneles Solares Fotovoltaicos



Fuente: (González, 2012).

## **Anexo 12. Glosario de Terminos**

**Tecnología.-** Entiéndase por tecnología la combinación de técnicas, conocimientos y procesos, que en conjunto son utilizadas para el diseñar y construir objetos que satisfacen cierta necesidades del hombre.

**Índice de intensidad Energética (IE).-** Es un indicador utilizados para medir la eficiencia en el uso de la energía. Se calcula mediante la razón matemática de la cantidad de energía usada por cada mil dólares de PIB (Kep/1000 US\$ del PBI).

**Matriz de Consumo de Energía.-** Se refiere a la distribución del consumo de energía durante un período determinado clasificada por medio de las fuentes utilizadas para producir la energía.

**Matriz de Generación de Energía.-** Se refiere a la energía generada en un período determinado clasificada por medio de las fuentes utilizadas para generarla.

**Capacidad Instalada.-** Se refiere a el total de energía que se puede generar en un período combinando la capacidad de todos los equipos y plantas disponibles y se mide en Mega Watts.

**Potencial de Generación.-** Se refiere a la capacidad total de generar energía que se obtiene sumando todos los recursos identificados y se mide en Mega Watts.

**Sistemas.-** Partes o elementos organizados y relacionados entre sí que interactúan para lograr un objetivo.

### **Anexo 13. Lista de Siglas**

**SIN.-** Sistema Interconectado Nacional.- Es el nombre que recibe la red de distribución de energía eléctrica de Honduras

**ENEE.-** Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

**SIEPAC.-** Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central.

**SERNA.-** Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.

**BCH.-** Banco Central de Honduras.

**INE.-** Instituto Nacional de Estadística.

**EIA.-** Energy Information Administration (Administración de Información de Energía).

**FAO. -** Food and Agriculture Organization. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura)

**FINERCOM.-** Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

**GIZ.-** Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)

**ONU.-** Organización de las Naciones Unidas

**OLADE.-** Organización Latinoamericana de

**PNUD.-** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo