



**FACULTAD DE POSTGRADO
TESIS DE POSTGRADO**

**CÁLCULO DEL PRECIO MONÓMICO PARA PROYECTOS
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE TECNOLOGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA**

**SUSTENTADO POR:
ALBERTO JOSÉ MATHIS GUILLÉN**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

FEBRERO 2018

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE CAMPUS SPS

CARLA PANTOJA

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

JOSE ARNOLDO SERMEÑO LIMA

**CÁLCULO DEL PRECIO MONÓMICO PARA PROYECTOS
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE TECNOLOGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA**

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

MÁSTER EN

GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS TRIMINIO

ASESOR TEMÁTICO

ROLANDO CASTILLO

MIEMBROS DE LA TERNA

JUAN CARLOS MUÑOZ

MARCO MATUTE

LISETTE CÁRCAMO

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2018

ALBERTO JOSÉ MATHIS GUILLÉN

Todos los derechos son reservados.

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE POSTGRADO

Señores

**CENTRO DE RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA (UNITEC)**

San Pedro Sula

Estimados Señores:

Yo, ALBERTO JOSÉ MATHIS GUILLÉN, de San Pedro Sula, autor del trabajo de postgrado titulado: CÁLCULO DEL PRECIO MONÓMICO PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, presentado y aprobado en el mes de agosto del año dos mil diecisiete, como requisito previo para optar al título de máster en GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES y reconociendo que la presentación del presente documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestrías de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por este medio autorizo a las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de UNITEC, para que con fines académicos puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

- 1) Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página Web de la Universidad.
- 2) Permita la consulta y/o la reproducción a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general en cualquier otro formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en los artículos 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen al autor y son personalísimos, irrenunciables, imprescriptibles e inalienables. Asimismo, el autor cede de forma ilimitada y exclusiva a UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula, al primer día del mes de febrero del año 2018.

Alberto José Mathis Guillén

21543017



FACULTAD DE POSTGRADO

CÁLCULO DEL PRECIO MONÓMICO PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

NOMBRE DE MAESTRANTE:

Alberto José Mathis Guillén

Resumen

En el presente trabajo, se calcula el precio de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica y tiene como objetivo encontrar el valor óptimo al cual se debe de vender para que el proyecto sea considerado “rentable”. Se procedió al cálculo de los costos directos para conocer el valor de la inversión y se utilizaron métodos de análisis estadístico para la proyección de los ingresos del proyecto por venta de energía, de esta forma se encontró el precio al que se debe de vender la energía para obtener ganancias. Se verificaron los valores de compra de energía de contratos existentes con tecnología similar y se calcularon los valores máximos a los cuales se asegura la compra de energía, de esta forma obteniendo el valor óptimo de venta.

Palabras claves: energía, rentabilidad, solar, tarifa, valor óptimo.



FACULTAD DE POSTGRADO

**CÁLCULO DEL PRECIO MONÓMICO PARA PROYECTOS
DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE TECNOLOGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA**

AUTOR:

Alberto José Mathis Guillén

Abstract

In the present work, the sales price of energy generated by solar photovoltaic technology is calculated and aims to find the optimum value to be sold for the project to be considered "profitable". The direct costs were calculated to know the value of the investment and used statistical analysis methods for the projection of the project income by the sale of energy, in this way was found the price at which to sell the power to make a profit. They verified the values of the purchase of energy of the contracts with the similar technology and we calculated the maximum values to which we ensure the purchase of energy, in this way obtaining the optimal value of the sale

Keywords: energy, optimum value, profitability, solar, tariff.

DEDICATORIA

A Dios primeramente porque me ha permitido llegar hasta donde he llegado con el apoyo de mis padres e igual de importantes a mis amigos que me han motivado a seguir preparándome y no olvidar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a Dios, por el espíritu de ciencia y curiosidad que me dio, a mi familia por el apoyo tanto mental como económico brindado.

A UNITEC por haberme dado la oportunidad de estudiar esta maestría y a sus colaboradores por haberme compartido una parte de sus conocimientos.

A mis amigos que, aunque nos hemos conocido por poco tiempo, me han brindado su ayuda para poder realizar esta investigación; y que, además, sus experiencias que me han convertido en una mejor persona de la que era antes de comenzar este programa.

Y, por último, a las amistades que todavía no he encontrado, de las cuales espero poder tener la oportunidad de aprender de ellos y compartir los nuevos momentos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.2. FORMULACIÓN 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	5
1.5. JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	6
2.1.1. MACRO-ENTORNO (LA ENERGÍA SOLAR A NIVEL MUNDIAL)	6
2.1.1.1. GENERALIDADES.....	6
2.1.1.2. MARCO LEGAL DE LA TECNOLOGÍA.....	9
2.1.1.3. PROYECTOS SOLARES FV A NIVEL MUNDIAL	9
2.1.2. MICRO-ENTORNO (LA ENERGÍA SOLAR EN HONDURAS)	11
2.1.2.1. PROYECTOS IMPLEMENTADOS EN EL PAÍS.....	12
2.1.2.2. MARCO LEGAL EN HONDURAS.....	17
2.2. TEORÍAS DE SUSTENTO	18
2.2.1. MODELOS MATEMÁTICOS PARA ANÁLISIS DE PRECIOS.....	18
2.2.2. ANÁLISIS FINANCIERO.....	19
2.3. CONCEPTUALIZACIÓN.....	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	23

3.1. CONGRUENCIA METODOLÓGICA	23
3.2 - OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	25
3.3. HIPÓTESIS	27
3.4. ENFOQUE Y MÉTODOS.....	28
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.5.1. POBLACIÓN	29
3.5.2. MUESTRA.....	29
3.5.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	30
3.5.4. UNIDAD DE RESPUESTA	30
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	31
3.6.1. RETSCREEN	31
3.7. FUENTES DE INFORMACIÓN	32
3.7.1. FUENTES PRIMARIAS.....	32
3.7.2. FUENTES SECUNDARIAS	33
3.8. LIMITACIONES DE ESTUDIO.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	34
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	34
4.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	35
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	36
4.2.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS A UTILIZAR	36
4.2.1.1. PANELES SOLARES.....	37
4.2.1.2. INVERSORES	37
4.2.1.3. BANCOS DE BATERIAS.....	38
4.2.1.4. ESTRUCTURA DE INSTALACION DE PANELES.....	38
4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	38
4.2.2.1. UBICACIÓN #1 – REGIÓN SUR.....	39

4.2.2.2. UBICACIÓN #2 – REGIÓN ESTE	40
4.2.3. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS ELÉCTRICOS	40
4.2.3.1. CÁLCULO DE EQUIPO	41
4.3. ESTUDIO FINANCIERO	45
4.3.1. INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.....	45
4.3.1.1. PLAN DE INVERSIÓN.....	45
4.3.1.2. ESTRUCTURA DE CAPITAL.....	46
4.3.1.3. COSTO PROMEDIO PONDERADO DE CAPITAL	46
4.3.1.4. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	47
4.3.1.5. DEPRECIACIONES	48
4.3.2. INGRESOS DEL PROYECTO.....	49
4.3.2.1. INGRESOS ESCENARIO #1 – CHOLUTECA.....	49
4.3.2.2. INGRESOS ESCENARIO #2 – GRACIAS A DIOS	50
4.3.3. ESTADO DE RESULTADOS	51
4.3.3.1. ESTADO DE RESULTADOS ESCENARIO #1	51
4.3.3.2. ESTADO DE RESULTADOS ESCENARIO #2	55
4.3.4. TÉCNICAS DE PRESUPUESTO DE CAPITAL	58
4.3.4.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)	58
4.3.4.2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR).....	59
4.3.4.3. PUNTO DE EQUILIBRIO FINANCIERO	60
4.3.4.4. PRECIO MONÓMICO	61
4.3.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. CONCLUSIONES	64
5.2. RECOMENDACIONES.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica.	8
Tabla 2. Proyectos solares fotovoltaicos facturando.	14
Tabla 3. Contratos actuales de empresas privadas con la ENEE.....	15
Tabla 4. Capacidad instalada por tipo y propiedad en Abril 2016	16
Tabla 5. Plantas Fotovoltaicas con contrato	17
Tabla 6. Matriz metodológica.....	24
Tabla 7. Operacionalización de variables	26
Tabla 8. Matriz de priorización – paneles solares	36
Tabla 9. Matriz de priorización - inversores.....	36
Tabla 10. Radiación solar para la estación de Choluteca	39
Tabla 11. Radiación solar para la estación de Brus Lagunas.....	40
Tabla 12. Eficiencias de los equipos del proyecto.....	42
Tabla 13. Costos de equipos principales del proyecto.....	44
Tabla 14. Costos de inversión del proyecto.....	45
Tabla 15. Estructura del capital.	46
Tabla 16. Determinación de costo promedio ponderado de capital.....	47
Tabla 17. Amortización del financiamiento.	47
Tabla 18. Cuadro de depreciaciones.....	48
Tabla 19. Ingresos del proyecto – escenario #1	49
Tabla 20. Ingresos del proyecto – escenario #2.....	50
Tabla 21. Estado de resultados – escenario #1	51
Tabla 22. Estado de resultados – escenario #2	55
Tabla 23. Valor Actual Neto. Escenarios #1 y #2.	59
Tabla 24. Tasa Interna de Rendimiento. Escenarios #1 y #2.....	59
Tabla 25. Ingresos para punto de equilibrio financiero – escenario #1.....	60
Tabla 26. Ingresos para punto de equilibrio financiero – escenario #2.....	61
Tabla 27. Cálculo precio monómico – escenario #1.....	62
Tabla 28. Cálculo precio monómico – escenario #2.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de energía solar.	7
Figura 2. Evolución de la producción y el coste del vatio pico	8
Figura 3. Parque solar Kurnool.....	10
Figura 4. Planta Fotovoltaica Ningxia Yanchi Fase I.....	10
Figura 5. Parque Solar Solar Star I y II.....	11
Figura 6. Matriz de generación energía Honduras 2017	12
Figura 7. Estado de proyectos de generación de energías.	13
Figura 8. Proyectos de generación por tipo de tecnología.....	13
Figura 9. Estado de proyectos solares.....	14
Figura 10. Proyectos solares por departamento.	15
Figura 11. Modelo de simulación con reversión a la media.	18
Figura 12. Diagrama de variables	25
Figura 13. Diseño de la investigación.....	29

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se expondrán los diferentes elementos que contiene una investigación científica, los cuales son: introducción al problema, antecedentes del problema, definición del problema, preguntas de investigación, objetivos, por último, la justificación donde se exponen las razones que para el desarrollo del proyecto: Cálculo del precio monómico para proyectos de generación de energía a partir de tecnología solar fotovoltaica.

1.1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, los proyectos de generación de energía con fuentes renovables han ido en aumento en los últimos años, desde la utilización del recurso hídrico, el eólico, la biomasa y el solar, del cual será el enfoque de este trabajo de tesis.

El estudio será dividido en tres partes importantes:

- 1) Primera Parte – Concepción del proyecto
 - 1.1) Selección del emplazamiento para el proyecto de generación.
- 2) Segunda Parte – Cálculos del proyecto
 - 2.1) Generación de energía del proyecto.
 - 2.2) Preparación de costos del proyecto.
- 3) Tercera Parte – Análisis de datos
 - 3.1) Análisis del comportamiento del proyecto en un periodo de 20 años (producción de energía y costos asociados).
 - 3.2) Selección del precio monómico de energía para que el proyecto sea factible.

Se planteará un proyecto de generación utilizando tecnología solar fotovoltaica, teniendo como factores principales: la ubicación del proyecto y su efecto en la cantidad de energía que se puede generar y en el transporte, la potencia instalada (entre mayor es la potencia, más área se requiere) y la tecnología a emplear (paneles fotovoltaicos más eficientes, inversores con menos pérdidas).

Se utilizarán simulaciones estocásticas, para predecir el comportamiento que puede presentar el proyecto en la parte de la generación de energía lo cual influye directamente con los ingresos que se pueden obtener por la venta de energía.

Con la información antes descrita, se procederá a la selección del precio monómico o costo de generación, que es la relación entre todos los costos de generación (Costos fijo + Costos variables) y la energía producida y afecta directamente al costo de la energía (Costo de energía = Costos generación + Valor transmisión + Valor agregado de distribución) el cuál, en los contratos de venta de energía, es el valor en dólares por cada kWh que se pacta recibir de parte del cliente en concepto de energía entregada.

Y finalmente se verificará la factibilidad del proyecto y que a su vez no sea demasiada alta que la vuelva menos atractiva para que el estado o cualquier empresa privada la implemente.

1.2. ANTECEDENTES

La utilización de combustibles fósiles para la generación de energía ha sido el mayor causante de la contaminación ambiental, por lo que para empezar a reducir estos impactos en el ambiente se han comenzado a utilizar recursos renovables, con los cuales el producto de generación de energía tenga un impacto bajo o casi inexistente para el ambiente.

Por el uso de los combustibles fósiles para la movilización de las personas, la producción de energía para los procesos industriales y las diversas tecnologías que tenían como principal función el confort de la sociedad, y por supuesto, como principal factor, la falta de concientización del impacto negativo que representaba para el medio ambiente ha existido la necesidad utilizar nuevas tecnologías para la generación de energía y al mismo tiempo reducir la contaminación.

Los proyectos de generación de energía con recursos renovables surgieron como respuesta a la contaminación generada por la utilización de recursos no renovables, el combustible fósil como principal “culpable”, para la generación de energía.

Se empezó a investigar cómo utilizar recursos que su producto contaminante al generar energía sea el menor posible. De esta forma se comenzaron a utilizar las tecnologías de energía renovables que, al comienzo, como todas las tecnologías nuevas, tenían un costo de implementación mucho mayor que las tecnologías (contaminantes) actuales.

Con las investigaciones y los avances científicos, los costos de estas tecnologías se han reducido y las ha vuelto competitivas con las tecnologías no renovables.

En nuestro país, las energías renovables que se utilizan para la generación de energía por potencia instalada son: Hidroeléctrica, solar, biomasa, eólica y geotérmica.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para presentar la solución a cualquier problema de investigación, es necesario la correcta identificación del problema y de ser posible subdividirlo, delimitarlo, definirlo, justificarlo y definir objetivos para poder abordarlo (Castañeda Jiménez, de la Torre Lozano, Morán Rodríguez, & Lara Ramírez, 2004).

1.3.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Actualmente los países están realizando el cambio de generar energía de recursos no renovables, como el combustible fósil, a recursos renovables, como el agua, la luz solar y el viento por mencionar algunos.

Al momento de la implementación de proyectos que utilizan recursos renovables para la generación de energía, conocer los costos a los que se puede vender la energía puede resultar muy ventajoso cuando se licitan esta clase de proyectos.

Por ejemplo, si se puede utilizar tecnologías más eficientes y no presenta un incremento sustancial al costo del proyecto, puede ser más factible aplicar estas nuevas tecnologías y de esta forma el tiempo de retorno de la inversión sea menor y las ganancias sean mayores ya que los contratos para estas tecnologías usualmente son a largo plazo.

1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los proyectos de generación de energía por medio de tecnología solar fotovoltaica son poco rentables debido a que, aunque el recurso (la luz solar) que se emplea para la generación de electricidad tiene cero costes, la inversión en tecnología para su implementación es alto. Teniendo en cuenta lo antes expuesto se plantea la pregunta:

¿Cómo la ubicación, la tecnología y la potencia mínima influyen en la estimación del precio monómico de un proyecto de tecnología solar fotovoltaica?

1.3.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Luego de haber definido el problema, surgen las siguientes interrogantes:

- 1) ¿Qué factores tecnológicos son los aplicables en un sistema de generación solar fotovoltaica?
- 2) ¿Cómo influye la ubicación del proyecto en la cantidad de energía generada?
- 3) ¿Cuál es la potencia mínima instalada para proyectos de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica?
- 4) ¿Cuál es el valor del precio monómico de venta para que el proyecto sea factible?

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

“Los objetivos son imprescindibles en la medida en que indiquen lo que se espera de la investigación y definan la forma en que ese resultado se alcanza” (Castañeda Jiménez et al., 2004, p. 55).

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cómo la ubicación, la tecnología y la potencia mínima influyen en la estimación del precio monómico de un proyecto de tecnología solar fotovoltaica.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar los factores tecnológicos aplicables en sistemas de generación fotovoltaica.
- 2) Determinar cómo influye la ubicación del proyecto en la cantidad de energía generada.
- 3) Calcular la potencia mínima instalada de proyectos de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica.
- 4) Calcular financieramente el valor del precio monómico para evaluar la factibilidad financiera del proyecto.

1.5. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el 48% de la matriz energética de nuestro país es generada por plantas térmicas que, aunque esta energía es 100% confiable, tiene un impacto considerable en el ambiente ya que utilizan combustibles fósiles para generar electricidad, los cuales tienen un efecto dañino para el ambiente.

Las plantas de generación renovables forman el 52% restante de la matriz energética de Honduras, de las cuales la energía solar solamente aporte un 10%. El plan de naciones establece que para el año 2022, el 60% de la matriz energética la constituirán fuentes renovables. De esta manera, al conocer el costo de venta de los proyectos solares fotovoltaicos, se pueden planificar nuevos proyectos y de esta forma aumentar el porcentaje que la energía solar fotovoltaica tiene en la matriz energética de Honduras.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

“En una investigación el marco es el conjunto articulado de conocimientos o proposiciones que definen las condiciones según las cuales surgen o se relacionan los fenómenos empíricos (hechos) y, al mismo tiempo, descarta otras proposiciones sobre los mismos hechos” (Castañeda Jiménez et al., 2004, p. 61).

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La implementación de proyectos de generación de energía utilizando recursos renovables ha ido en aumento en los últimos años. Comparando los diferentes tipos de proyectos con energías renovables, la implementación de la tecnología solar tiene un costo menor que las demás tecnologías y un impacto ambiental menor, por ejemplo, requiere mayor área de instalación, pero el impacto al ambiente es menor si se compara con la tecnología eólica o hídrica.

2.1.1. MACRO-ENTORNO (LA ENERGÍA SOLAR A NIVEL MUNDIAL)

Como se ha visto, los proyectos de generación de energía utilizando la luz solar como recurso principal se han vuelto más factibles a medida que la tecnología desarrollada se ha vuelto más eficiente.

2.1.1.1. GENERALIDADES

La energía que recibimos por el sol en un año es aproximadamente 5.4×10^{24} J, capaz de suplir unas 4,500 veces la demanda del mundo. El principal problema es que la tecnología actual tiene sus limitantes y no puede convertir y almacenar toda esta energía. La radiación que se recibe del sol se estima que oscila entre $1,300\text{W}/\text{m}^2$ y $1,400\text{W}/\text{m}^2$, pero la que podemos aprovechar, luego de las pérdidas por reflexión, absorción y dispersión (aproximadamente de 30%) es de $1,000\text{W}/\text{m}^2$.

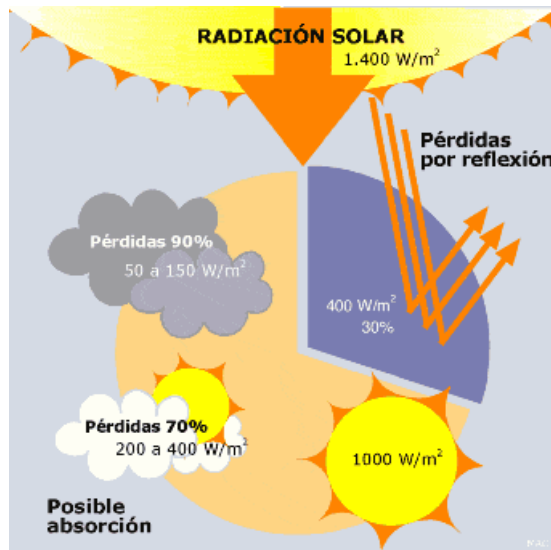


Figura 1. Cantidad de energía solar.

Fuente: (Zanguitu, 2014)

Se utilizan las celdas solares o paneles solares fotovoltaicos que utilizan el efecto fotoeléctrico para realizar la conversión de energía. Los paneles están formados por células fotoeléctricas que, por sus características al ser impactadas por la luz, en forma de fotones, generan una corriente eléctrica.

El efecto fotovoltaico fue descubierto en el año 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. En 1883 Charles Fritts construye la primera celda solar a base de Selenio con una eficiencia del 1%. No es hasta el año 1940 que se construye la primera celda de Silicio y hasta el año 1954 en los laboratorios Bells se comienza a perfeccionar esta tecnología con Silicio, logrando una eficiencia del 6%.

Los paneles solares con la tecnología más eficiente apenas pueden convertir el 29% de la energía solar en energía eléctrica, por lo que al querer generar mayor cantidad de energía es necesario colocar mayor cantidad de paneles, lo que se traduce en una mayor área necesaria para el proyecto y un costo de inversión mayor.

El primer uso práctico de esta tecnología es la generación de energía eléctrica para los satélites geoestacionarios de URSS y USA.

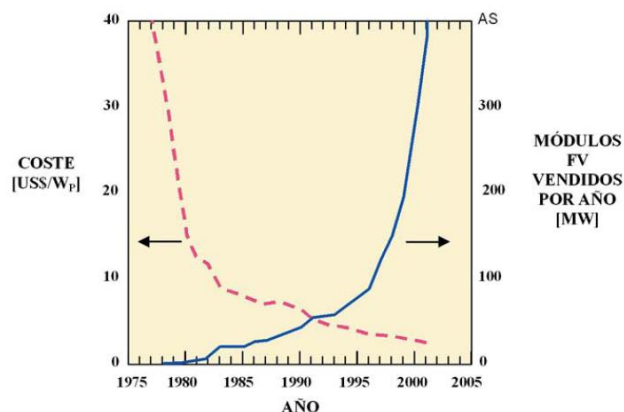


Figura 2. Evolución de la producción y el coste del vatio pico

Fuente: (Grupo de nuevas actividades profesionales, 2007)

Como se observa en la figura 2, al comienzo, como cualquier nueva tecnología, los costos son mayores y por ende las unidades vendidas son pocas. A medida que la tecnología se va haciendo más eficiente, se va incrementando las unidades vendidas y los costos van disminuyendo, llegando hasta un punto de equilibrio.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Difícil almacenamiento
Subvenciones	Proceso de fabricación de módulos complejo y caro
Corto <i>pay-back</i> de la energía	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatología y época del año

Fuente: (Grupo de nuevas actividades profesionales, 2007)

2.1.1.2. MARCO LEGAL DE LA TECNOLOGÍA

Como toda tecnología, para poder ser aplicada de forma correcta se debe de enmarcar en un sistema de leyes, por ejemplo, al tratarse de una tecnología relativamente cara, una de las principales leyes que cualquier país debe de implementar es la compra garantizada de esta energía para incentivar al generador a producir la mayor cantidad de energía y al mismo tiempo darle seguridad que la podrá vender. Además de la venta asegurada es necesaria que se fije el precio por kWh y la cantidad máxima de energía que cualquier generador pueda inyectar a la red. Si tomamos de referencia a España, que es uno de los países que tiene más tiempo con la aplicación de esta tecnología podemos observar que los decretos más importantes son los siguientes:

- 1) RD 2818/1998 - producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. Este real decreto se centra en la retribución de la energía vertida a la red. Estas tarifas dependen de la capacidad instalada.
- 2) RD 436/2004 - se establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Define el periodo en el cual se deberán realizar ajustes a las tarifas e incentivos.
- 3) RD 1578/2008 - establece unas primas variables según donde esté ubicada la instalación (suelo o tejado) con un cupo máximo de potencia anual instalada.

Como se puede observar, España cuenta con leyes que determinan la cantidad máxima de las instalaciones de generación solar fotovoltaica, el precio por energía generada e inyectada a la red y el periodo al cual se deben de revisar las tarifas.

2.1.1.3. PROYECTOS SOLARES FV A NIVEL MUNDIAL

En el mundo, no solamente España ha incursionado en la aplicación de la tecnología solar fotovoltaica para la generación de energía limpia, a nivel mundial se han implementado proyectos

de generación de energía por medio del recurso solar. De los proyectos más recientes que se encuentran en operación, podemos mencionar:

Kurnool Ultra Mega Solar Park. 1.000 MW. India



Figura 3. Parque solar Kurnool

Fuente: (Roca, s/f)

Con una superficie de 2,400 hectáreas, se encuentra ubicada en Panyam Mandal, distrito de Kurnool en Andhra Pradesh. Con un costo de inversión de alrededor de 7,000 millones de rupias (aproximadamente 1,100 millones de dólares) y 4 millones de paneles solares con una capacidad de 315W. El parque genera cerca de 8 GWh al día, lo que satisface el 80% de la demanda eléctrica del distrito de Kurnool.

Planta fotovoltaica Ningxia Yanchi Fase I. 380 MW. China



Figura 4. Planta Fotovoltaica Ningxia Yanchi Fase I

Fuente: (Roca, s/f)

Este Proyecto se está construyendo en etapas, actualmente se conectaron a la red los primeros 380MW de los 2,000MW. El proyecto, instalándose en la región del noroeste del país Ningxia, cubrirá un área de 4,607 hectáreas y tendrá una inversión de 2,340 millones de dólares y generará 2,730 millones de KWh al año.

Solar Star Solar Farm I y II. 597 MW. Estados Unidos



Figura 5. Parque Solar Solar Star I y II

Fuente: (Roca, s/f)

Ubicada en California, esta central fotovoltaica consta de dos fases: 318MW y 279 MW respectivamente. Cuenta con 1,7 millones de paneles solares repartidos en una superficie de 3,200 acres.

Como se observan en los proyectos especificados anteriores, la tecnología solar fotovoltaica se puede aplicar para la generación de energía a gran escala, y dependiendo de los elementos que se instalen, se pueden reducir la cantidad de equipos y con esto la inversión inicial volviendo a estos proyectos más rentables.

2.1.2. MICRO-ENTORNO (LA ENERGÍA SOLAR EN HONDURAS)

Al igual que los países desarrollados, como por ejemplo España, Honduras ya ha empezado a la implementación de proyectos solares siguiendo los lineamientos utilizados en otros países.

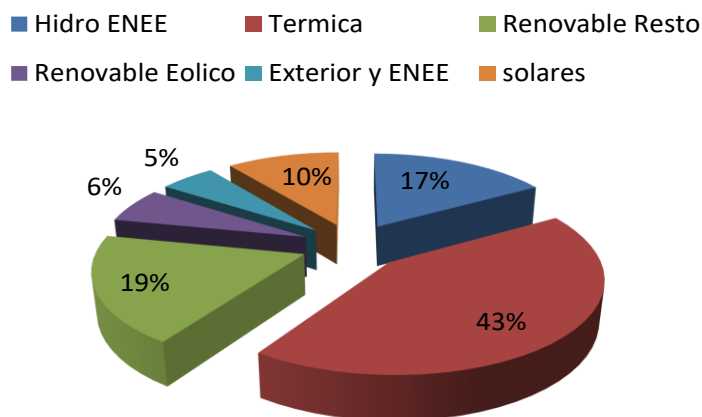


Figura 6. Matriz de generación energía Honduras 2017

Fuente: (Boletín estadístico – Dirección de planificación estratégica y corporativa ENEE, 2017)

2.1.2.1. PROYECTOS IMPLEMENTADOS EN EL PAÍS

En los últimos años, en nuestro país se han empezado a implementar la tecnología solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica de manera privada.

Según el informe del Observatorio de Bienes naturales y Derechos Humanos de CEHPRODEC (Centro Hondureño de Promoción para el Desarrollo Comunitario) del año 2016, existen 334 proyectos de generación de energía (térmica y renovable), de los cuales solamente 79 se encuentran generando energía.

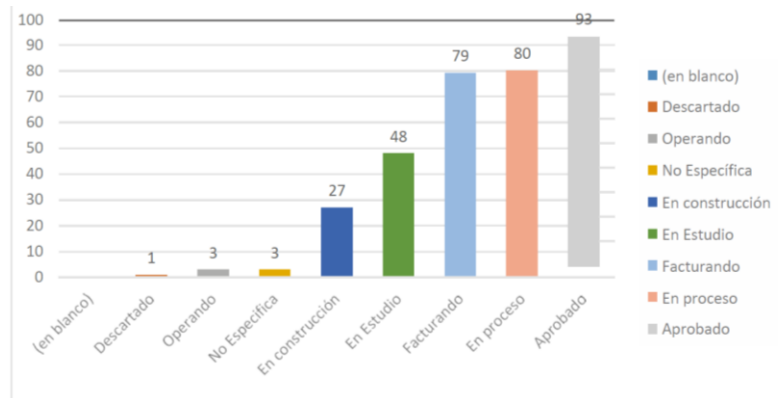


Figura 7. Estado de proyectos de generación de energías.

Fuente: (CEHPRODEC, 2017)

De los 334 proyectos de generación de energía e nuestro país, solamente 60 proyectos tienen planificado la utilización de la luz solar como recurso para la generación de energía.

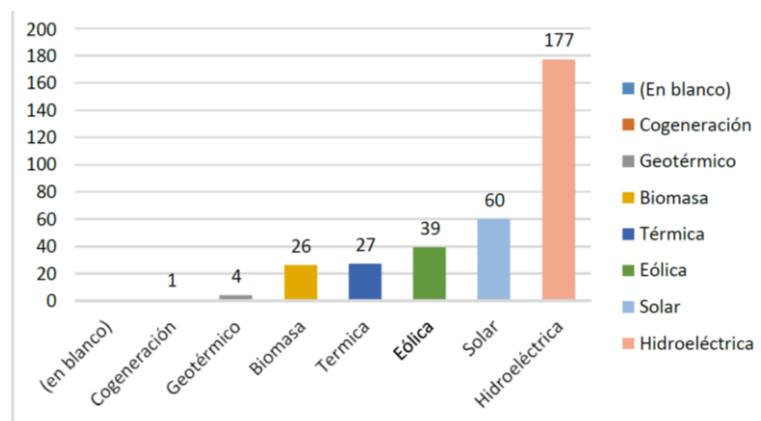


Figura 8. Proyectos de generación por tipo de tecnología.

Fuente: (Espinoza et al., 2017)

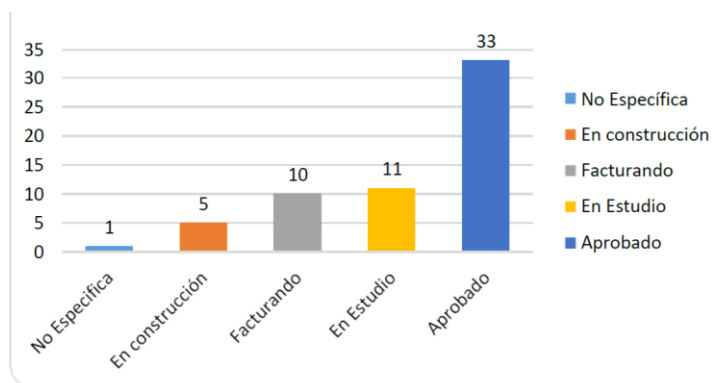


Figura 9. Estado de proyectos solares.

Fuente: (Espinoza et al., 2017)

Los proyectos de energía solar representan un 18% de los proyectos de generación del país. De los 60 proyectos, solamente 10 se encuentran facturando actualmente, 5 se encuentran en construcción y 33 ya han sido aprobados.

Tabla 2. Proyectos solares fotovoltaicos facturando.

Departamento	Municipio	Proyecto	Empresa	Potencia MW
Cholulteca	Cholulteca	Llanos del Sur		14.81
Cholulteca	Cholulteca	ENERBASA	ENERBASA	20.0
Cholulteca	Cholulteca	MECER	MECER	25.0
Cholulteca	Marcovia	CENTROAMERICANA	Energía Solar Centroamericana S.A.	40.50
Cholulteca	Cholulteca	ECSA Energía Cinco Estrellas		61.0
Cholulteca	Cholulteca	SERSA	SERSA	20.0
Cholulteca	Cholulteca	SERSA	SERSA	20.0
Cholulteca	Cholulteca	FOTERSA	FOTERSA	20.0
Santa Barbara	Quimistán		Generadores Solares	20.0
Valle	Nacaome	PRODERSA	Producción de Energía Solar y Demás Renovables, S.Á. de C.V.	49.9

Fuente: (Espinoza et al., 2017)

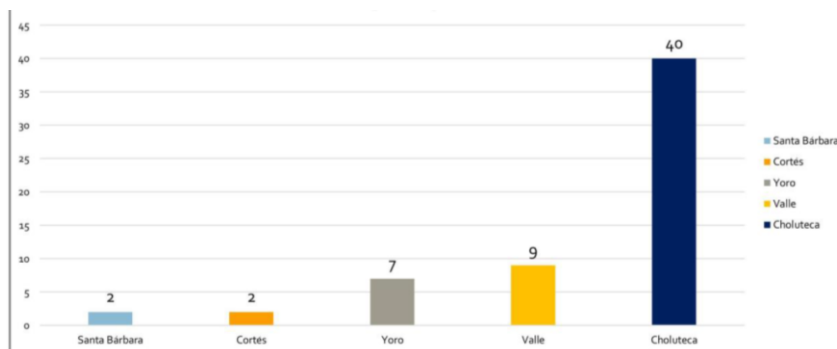


Figura 10. Proyectos solares por departamento.

Fuente: (Espinoza et al., 2017)

Como se observa en la figura, la mayoría de proyectos se encuentran instalados en la parte sur del país, en el departamento de Choluteca debido a su mayor incidencia de luz solar.

Actualmente para los proyectos de generación, se cuentan con PPA's (Power Purchase Agreements) que básicamente son contratos de compra de energía para los generadores privados.

Tabla 3. Contratos actuales de empresas privadas con la ENEE

Tipo de recurso	Capacidad instalada MW	Observaciones
Térmicas	801	Incluye PPA's vencidos en 2016
Hidráulicas	238	No incluye Nacaome
Biomasa y biogás	85	
Eólicas	174	
Solares fotovoltaicos	391	
Total	1689	

Fuente: ("Plan estratégico Empresa Nacional de Energía Eléctrica 2016 - 2020", 2016)

Como se observa en la tabla 3, la capacidad instalada de los contratos que utilizan como recurso la energía solar fotovoltaica es apenas el 23% del total instalado, mientras que las térmicas es el 47%.

Tabla 4. Capacidad instalada por tipo y propiedad en Abril 2016

Tipo y propiedad	Potencia instalada	
	MW	%
Hidráulicas estatales	432.7	19%
Hidráulicas privadas	248.1	11%
Térmicas estatales	64.6	3%
Térmicas privadas	846.8	37%
Biomasa privadas	164.8	7%
Eólicas privadas	175	8%
Fotovoltaicas privadas	388	17%
Total estatales	497.3	21%
Total privadas	1822.7	79%
Total	2320	100%

Fuente: (“Plan estratégico Empresa Nacional de Energía Eléctrica 2016 - 2020”, 2016)

Se observa que la mayor cantidad de potencia instalada (el 79% del total) es de generadores privados y solamente un 21% son generadores del estado.

En el país, se manejan los contratos o PPA’s de acuerdo al tipo de recurso a utilizar en la generación de energía siendo, hasta hace pocos años, los de mayor capacidad instalada los térmicos (tanto estatales como privados).

Desde hace pocos años, los proyectos de generación con recursos renovables han ido en incremento, como se observa en la tabla 4, un 39% de la potencia instalada es de térmicas y un 61% es de renovables (Hidráulicas, Biomasa, Eólica y Solar Fotovoltaica).

Para el año 2016, se tienen 12 proyectos fotovoltaicos con contrato que se encuentran produciendo energía, por un total de 391.2 MW.

Tabla 5. Plantas Fotovoltaicas con contrato Abril 2016

No.	Nombre	Contrato	Plazo (años)	Publicación en la Gaceta o firma del Contrato	Fecha de terminación del Contrato	Capacidad Instalada MW
1	Llanos del Sur	019/2014	20	33,423 (10-05-2014)	21/07/2035	14.8
2	ENERBASA	009/2014	20	33,423 (10-05-2014)	08/07/2035	20.0
3	MECER	031/2014	20	33,423 (10-05-2014)	06/07/2035	25.0
4	CENTROAMERICANA	006/2014	20	33,423 (10-05-2014)	01/07/2035	40.5
5	ECSA Energía Cinco Estrellas	010/2014	20	33,423 (10-05-2014)	04/08/2035	61.0
6	Generadores Solares	004/2014	20	33,423 (10-05-2014)	24/07/2035	20.0
7	SERSA	007/2014	20	33,423 (10-05-2014)	31/07/2035	20.0
8	SERSA	008/2014	20	33,423 (10-05-2014)		20.0
9	PRODERSA	003/2014	20	33,423 (10-05-2014)	30/07/2035	49.9
10	FOTERSA	015/2014	20	33,423 (10-05-2014)		20.0
11	COMPAÑÍA SOLAR POWER (SOPOSA)	013/2014	20	33,423 (10-05-2014)	14/06/2035	50.0
12	COMPAÑÍA HONDUREÑA DE ENERGIA SOLAR (COHESSA)	014/2014	20	33,423 (10-05-2014)	14/06/2035	50.0
						391.2

2.1.2.2. MARCO LEGAL EN HONDURAS

En nuestro país, se cuenta con varias leyes que apoyan la producción de energía por medio de recursos renovables. Entre ellas se encuentran las siguientes:

Decreto 70-2007 “Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables”. Este decreto habla sobre los incentivos que los proyectos de generación con recursos renovables como la exoneración de impuestos, tasas, aranceles y derechos de importación, entre otros. Además, menciona la prioridad de despacho de la energía generada y los precios a pagarse por esta energía. En relación con el financiamiento de estos proyectos, el Estado apoyará estas solicitudes.

Decreto 279-2010 “Ley especial reguladora de proyectos públicos de energía renovable”. El cual trata sobre dar prioridad a varios proyectos de generación de energía ya aprobados

(Patuca III, Patuca II y Patuca IIA, Los Llanitos y Jicatuyo – proyectos hidroeléctricos; Complejo Energético Valle del Aguán – proyectos hidroeléctricos, biomasa y solar), brinda exoneración de aranceles y tarifas. Además, de la posible adquisición y expropiación de terrenos que sean requeridos para la implementación de estos proyectos.

2.2. TEORÍAS DE SUSTENTO

Se utilizarán las siguientes teorías de sustento para validar la información y los resultados obtenidos en la presente investigación:

2.2.1. MODELOS MATEMÁTICOS PARA ANÁLISIS DE PRECIOS

Para realizar el estudio de los precios de venta de la energía se plantea la utilización de modelos de simulación específicamente el método de simulación de Monte Carlo que es una técnica matemática - no determinista - que usa número aleatorios y probabilidades para entender el impacto del riesgo en un modelo de la realidad y se aplica a sistemas de simulación en donde existen variables de tipo estocástico.

$$\left\{ \left[\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \cdot \exp(-\eta\Delta t) \right] + \left[\ln(\bar{P}) \cdot (1 - \exp(-\eta\Delta t)) \right] + \sigma \cdot \sqrt{\frac{1 - \exp(-2\eta\Delta t)}{2\eta}} \cdot N(0,1) - \left[(1 - \exp(-2\eta\Delta t)) \frac{\sigma^2}{4\eta} \right] \right\}$$

Figura 11. Modelo de simulación con reversión a la media.

Fuente: (Curso de mercados energéticos, 2017)

Donde

P_{t-1} Es el precio del periodo inmediatamente anterior a que se desea estimar.

η Velocidad de reversión a la media.

σ Desviación típica de los precios

(0, 1) Distribución normal (0,1)

Δt El periodo para el cual se generan los precios: mensual, semestral, anual

P Precio promedio a largo plazo

En conclusión, el método de simulación de Montecarlo:

- 1) Es una técnica de simulación de situaciones inciertas.
- 2) Permite definir valores esperados para variables no controlables, mediante la selección aleatoria de valores.
- 3) Las probabilidades de elegir entre todos los resultados posibles están en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidades.

2.2.2. ANÁLISIS FINANCIERO

El estudio financiero es el análisis de la capacidad de una empresa para ser sustentable, viable y rentable en el tiempo.

El estudio financiero es una parte fundamental de la evaluación de un proyecto de inversión. El cual puede analizar un nuevo emprendimiento, una organización en marcha, o bien una nueva inversión para una empresa, como puede ser la creación de una nueva área de negocios, la compra de otra empresa o una inversión en una nueva planta de producción.

Para realizar este estudio se utiliza información de varias fuentes, como por ejemplo estimaciones de ventas futuras, costos, inversiones a realizar, estudios de mercado, de demanda, costos laborales, costos de financiamiento, estructura impositiva, etc.

La viabilidad de una organización consiste en su capacidad para mantenerse operando en el tiempo. En las empresas, la viabilidad está íntimamente ligada con su rentabilidad. Hablamos de rentabilidad a largo plazo, dado que la viabilidad no necesariamente implica que siempre sea rentable. Usualmente hay períodos de tiempo en los que las empresas no son rentables. En los períodos iniciales de un emprendimiento, la empresa debe incurrir en costos que otorgan beneficios en el futuro, como la publicidad, costos de organización, compra de stock de materiales, etc. Pero debe haber una expectativa de obtener beneficios en el futuro. En este caso, el estudio financiero deberá establecer si la empresa será capaz de sortear los períodos de rentabilidad negativa sin incurrir en cesación de pagos, y estimar en qué momento la rentabilidad será positiva y la relación entre la rentabilidad y el capital invertido o los activos.

Para los proyectos que caen en la categoría de “generador de ingresos”, se evalúan mediante el análisis de rentabilidad financiera (ARF) que utiliza el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para la evaluación del Valor Actual Neto (VAN o VPN), se utiliza la tasa de descuento que es el costo de oportunidad y se calculan el flujo neto de efectivo. Su interpretación es:

- 1) Si $VAN > 0$, el proyecto debe aceptarse.
- 2) Si $VAN = 0$, el proyecto puede o no realizarse.
- 3) Si $VAN < 0$, el proyecto no debe aceptarse.

Para la Tasa Interna de Retorno (TIR), al igual que la VAN se calculan los flujos de efectivo, pero la particularidad que posee es que la TIR es el valor de la tasa de descuento que hace el valor de la VAN igual cero. Para interpretar el resultado se compara con la tasa de descuento “k” elegida para el proyecto, de forma que:

- 1) Si $TIR > k$, el proyecto será aceptado.
- 2) Si $TIR = k$, se puede o no aceptar el proyecto.
- 3) Si $TIR < k$, el proyecto se rechaza.

2.3. CONCEPTUALIZACIÓN

- 1) Panel Solar fotovoltaico: es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar y están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad.
- 2) Efecto fotovoltaico: es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética.
- 3) Precio óptimo: Valor que produce el máximo de una magnitud que depende de él.
- 4) Radiación solar: La Radiación Solar es un fenómeno físico debido a la emisión de energía por parte del sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones pueden ser cuantificadas y se expresan en unidades de irradiancia, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie.
- 5) Inversor: Dispositivos electrónicos que convierten la corriente continua en alterna y permiten, por tanto: Utilizar receptores de CA en instalaciones aisladas de la red y Conectar los sistemas FV a la red de distribución eléctrica.
- 6) Regulador de carga: El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil.
- 7) Batería: acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.
- 8) Costo de capital medio ponderado: es la tasa de descuento que suele emplearse para descontar los flujos de fondos operativos para valorar una empresa utilizando el descuento de flujos de efectivo.
- 9) Valor presente neto (VPN): es la suma del valor presente (PV) de los flujos de efectivo individuales de una serie temporal de flujos de efectivo, tanto entrante como saliente.
- 10) Tasa interna de retorno (TIR): es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.
- 11) Retorno de la inversión (ROI): una de las medidas de rendimiento que se utilizan para valorar la eficacia de una inversión o poder comparar la eficacia de inversiones diferentes.

- 12) **Plazo de recuperación:** es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión.
- 13) **Proceso estocástico:** es una colección o familia de variables aleatorias $\{X_t, \text{ con } t \in T\}$, ordenadas según el subíndice t que en general se suele identificar con el tiempo.
- 14) **Costo Nivelado de la Energía (LCOE):** consiste en calcular el costo promedio total de construir y operar una central eléctrica y dividirlo entre la energía total a ser generada durante su vida útil.
- 15) **Precio monómico:** Monto total que equivale a un precio único por concepto de venta o compra de energía y potencia. Es igual al ingreso o costo total por venta o compra de energía y potencia dividido por la energía total vendida o comprada.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

“La palabra investigación, en general, remite hacia una indagación, búsqueda sistemática, intencional, de “algo” previamente determinado. Este proceso de indagación también puede entenderse como una secuencia de acciones orientadas hacia la solución de una situación problemática” (Pacheco Espejel & Cruz Estrada, 2006, p. 35).

“En términos etimológicos, la metodología se puede entender como el “tratado de los métodos”. Sin embargo, en la práctica, por metodología de la investigación se entienden hoy en día dos cosas: a) el estudio de los métodos de investigación; y b) el método utilizado para realizar una investigación específica” (Pacheco Espejel & Cruz Estrada, 2006, p. 55)

3.1. CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Como se espera en cualquier investigación, las variables propuestas para el estudio deben de tener alguna relación con los objetivos que se pretenden demostrar. De esta manera, se establece una congruencia entre las variables utilizadas y la hipótesis presentada.

3.1.1. MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica muestra de forma sintetizada el diseño de investigación. En ella se define la información principal del proyecto, como ser: el problema a solventar, los objetivos de la investigación y las variables a utilizar.

Tabla 6. Matriz metodológica

Título		Cálculo del precio óptimo de venta de energía generada a partir de tecnología solar fotovoltaica			
Problema	Objetivo General	Preguntas Investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variable Dependiente
¿Cómo la ubicación, la tecnología y la potencia mínima influyen en la estimación del precio monómico de un proyecto de tecnología solar fotovoltaica?	Determinar cómo la ubicación, la tecnología y la potencia mínima influyen en la estimación del precio monómico de un proyecto de tecnología solar fotovoltaica.	¿Qué factores tecnológicos son los aplicables en un sistema de generación solar fotovoltaica?	Analizar los factores tecnológicos aplicables en sistemas de generación fotovoltaica.	Tecnología	Precio monómico / factibilidad
		¿Cuál es la potencia mínima instalada para proyectos de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica?	Calcular la potencia mínima instalada de proyectos de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica.	Potencia Mínima Instalada	
		¿Cómo influye la ubicación del proyecto en la cantidad de energía generada?	Determinar cómo influye la ubicación del proyecto en la cantidad de energía generada.	Ubicación del proyecto	
		¿Cuál es el valor del precio monómico de venta para que el proyecto sea factible?	Calcular financieramente el valor del precio monómico para evaluar la factibilidad financiera del proyecto.	Aspectos Financieros	

Fuente: (Propia, 2017)

3.2 - OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La definición de variable, según Ander-Egg,E (1989): “Se trata de una característica observable o un aspecto discernible en un objeto de estudio que puede adoptar diferentes valores o expresarse en varias categorías” (p. 101).

En la figura 12 se observa la variable dependiente y las variables independientes con sus respectivas dimensiones.



Figura 12. Diagrama de variables

Fuente: (Propia, 2017)

Como se puede observar en el diagrama de variables, la variable dependiente es la rentabilidad del proyecto y las variables independientes son la tecnología, la potencia mínima instalada, la ubicación del proyecto y los aspectos financieros.

A continuación, se presenta la operacionalización de las variables a estudiar con sus respectivas dimensiones, indicadores y la técnica a utilizar.

Tabla 7. Operacionalización de variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Técnica
	Conceptual	Operacional			
Tecnología	Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto. (Real Academia Española, 2017)	Se estudiarán las características de los equipos utilizados en el proceso de conversión de energía, identificando la eficiencia como factor principal.	Paneles Solares Inversores Baterías	Eficiencia Aplicabilidad	Análisis de datos
Ubicación del proyecto	Lugar en que está ubicado algo. (Real Academia Española, 2017)	Lugar que posea más cantidad de radiación solar.	Potencial de energía del lugar	Radiación solar (W/m ²)	Análisis de datos con RETScreen
Potencia Mínima Instalada	Carga eléctrica total (en vatios) de un sistema o circuito eléctrico si todos los aparatos se ponen en funcionamiento a la vez.	Cantidad de Potencia instalada en un proyecto.	Potencia de equipo	Potencia (MW)	Cálculos y Estimaciones

Continuación tabla 7.

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Técnica
	Conceptual	Operacional			
Aspectos Financieros	Son las diferentes herramientas financieras que se utilizan para analizar el dinero desde el punto de vista de la administración del mismo.	Son los diferentes análisis que se realizan para ver si una inversión es factible y poder proyectar su flujo a lo largo de un periodo definido.	Plan de inversiones Flujos del proyecto Técnicas de Presupuesto de capital Simulaciones	Inversión inicial Financiamiento CCPP (WACC) Ingresos Costos VPN TIR IR PR Precio Óptimo	Cálculos y Estimaciones mediante hojas de Excel

Fuente: (Propia, 2017)

3.3. HIPÓTESIS

“Las hipótesis son las guías para la investigación o estudio, indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Se derivan de la teoría existente y deben formularse en forma de proposiciones” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, p. 104)

Se presentan la hipótesis nula y la hipótesis de investigación para el presente proyecto:

H_0 = El precio monómico de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica será mayor o igual a 0.10\$/kWh.

H_1 = El precio monómico de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica será menor a 0.10\$/kWh.

Según estudios realizados, el costo por la producción y transmisión de la energía producida por tecnología solar fotovoltaica es aproximadamente 0.18\$/kWh, de los cuales se estima que 0.08\$/kWh son los costos asociados a la transmisión y 0.10\$/kWh son los costos netamente por la generación de energía.

3.4. ENFOQUE Y MÉTODOS

La investigación cuantitativa se acerca a su objeto de estudio con interrogantes específicas surgidas de análisis teóricos previos o de investigaciones realizadas con anterioridad en relación con objetos de estudio similares. Este tipo de investigación utiliza una serie de instrumentos y procedimientos basados en herramientas de la estadística para la recolección y el procesamiento de sus datos y se aboca a probar una serie de hipótesis predefinidas. (Pacheco Espejel & Cruz Estrada, 2006, p. 49)

El presente trabajo utilizará un enfoque cuantitativo, ya que se utilizarán los datos obtenidos de las diferentes fuentes y se analizarán las variables de la investigación, que son: la tecnología a utilizar, ubicación del proyecto, la potencia mínima a instalar y los aspectos financieros.

El tipo de alcance que se plantea es del tipo descriptivo y correlacional. Descriptivo ya que definiremos las variables a estudiar y correlacional porque se cuantificará la relación entre las variables (Hernández Sampieri et al., 2014).

Y se utilizará un método analítico para el análisis de las variables independientes y como impactan en la variable dependiente.

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

“El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 128).

Se considera un tipo de estudio no experimental, de diseño transversal ya que “Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.”(Hernández Sampieri et al., 2014, p. 154).

En este caso, se analizarán las diferentes variables dependientes y su efecto en la rentabilidad del proyecto (variable dependiente).



Figura 13. Diseño de la investigación.

Fuente: (Propia, 2017)

3.5.1. POBLACIÓN

“Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 174)

En la presente investigación no se cuenta con una población definida, ya que al tratarse de un proyecto de inversión no se encuentran proyectos que contengan variables similares para realizar las comparaciones necesarias.

3.5.2. MUESTRA

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 175)

Al igual que la población, para este trabajo, al ser un proyecto de inversión no se cuenta con una muestra.

3.5.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

“La unidad de análisis indica quiénes van a ser medidos, es decir, los participantes o casos a quienes en última instancia vamos a aplicar el instrumento de medición” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 183).

Para el presente estudio, las unidades de análisis son algunas de las variables independientes. Por ejemplo, para la tecnología a implementarse en el proyecto, se analizarán las tecnologías que actualmente se implementan y de existir nuevas tecnologías se procederá a analizarla.

Para la potencia mínima a instalarse se analizarán la cantidad de equipo necesario para la producción de energía, para la ubicación del proyecto se estudiarán las diferentes características del emplazamiento.

Y para los aspectos financieros se procederá a calcular los distintos indicadores financieros, como ser: el valor presente neto (VPN), la tasa de retorno de inversión (TIR), el índice de rentabilidad (IR) y el periodo de recuperación (PR).

3.5.4. UNIDAD DE RESPUESTA

La unidad de respuesta es qué se espera encontrar con las diferentes unidades de análisis. Para las variables de tecnología, potencia mínima instalada y ubicación del proyecto se espera encontrar si afectan de manera directa o indirecta a la rentabilidad del proyecto y en que porcentaje.

De los diferentes aspectos financieros que se plantean verificar, se espera conocer los valores que el proyecto podría obtener y con estos indicadores se pretende ver la rentabilidad del proyecto de esta forma contestando la hipótesis planteada.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas según Rojas Soriano (1991) son “un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilian al individuo en la aplicación de los métodos” (p. 63).

El instrumento según (Castañeda Jiménez et al., 2004) “puede entenderse como el dispositivo o conector que permite captar los datos que se obtendrán para, después analizarlos, decidir si se acepta o se rechaza la hipótesis de investigación” (p. 163).

3.6.1. RETSCREEN

El software de gestión de energías limpias RETScreen (generalmente abreviado como RETScreen) es un paquete de programas de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá.

RETScreen Expert se destacó en la séptima Clean Energy Ministerial, que tuvo lugar en junio de 2016 en San Francisco. El software se ofrece en 36 lenguas diferentes incluyendo el idioma español.

RETScreen Expert es la versión más reciente del software y fue lanzada al mercado el 19 de septiembre 2016. El software permite la identificación exhaustiva, la evaluación y la optimización de la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable y de eficiencia energética; igualmente, permite la medición y verificación del rendimiento de instalaciones, así como la identificación de oportunidades de ahorros/producción energética.

RETScreen Suite, compuesta de RETScreen 4 y RETScreen Plus, es la antigua versión del software RETScreen. RETScreen Suite incluye capacidades de análisis de cogeneración (obtención simultánea de energía eléctrica y de energía térmica útil) y de redes aisladas.

A diferencia de RETScreen Suite, RETScreen Expert cuenta con una plataforma integrada, hace uso de arquetipos detallados y exhaustivos para la evaluación de proyectos, y cuenta con capacidades de análisis de portafolio. RETScreen Expert cuenta con varias bases de datos a

disposición de los usuarios, incluyendo una base de datos de condiciones climáticas obtenida de 6,700 estaciones terrestres y de datos satelitales de la NASA; base de datos de comparación; base de datos de proyectos; base de datos hidrológicos; base de datos de producto. El software contiene material de capacitación integrado extensivo, incluyendo un libro electrónico.

Para la selección de la tecnología a implementar y la potencia mínima a instalar se utilizará el juicio de expertos en los diferentes temas relacionados a estas variables.

Para los diferentes cálculos financieros se utilizarán las diferentes funciones financieras ya comprobadas.

3.7. FUENTES DE INFORMACIÓN

Se presentan las diferentes fuentes de información a utilizar en la investigación: fuentes primarias y secundarias.

3.7.1. FUENTES PRIMARIAS

“Las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 61).

Las fuentes primarias que serán utilizadas en la presente investigación son las siguientes:

- 1) Datos de radiación solar obtenidos del software RETScreen.
- 2) Libros de texto sobre el cálculo de estaciones de generación solar fotovoltaica.
- 3) Informes de temas similares al estudio, por ejemplo: cálculo de costos fijos y variables de producción de energía, o similares.

3.7.2. FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias, a diferencia de las primarias, nos brindan información de referencia sobre el tema investigado. Las principales fuentes secundarias que se pueden utilizar son los libros (cuya información sea sobre un tema relacionado al de la investigación), las revistas y los documentos escritos. (Bernal Torres, 2010)

Las fuentes secundarias que serán utilizadas en la presente investigación son las siguientes:

- 1) Libros de texto sobre procesos de generación de energía.
- 2) Documentos o publicaciones sobre temas relacionados.

3.8. LIMITACIONES DE ESTUDIO

La principal limitante que se pueda presentar es la confidencialidad de la información referente a los precios que se manejan actualmente en el mercado eléctrico de Honduras.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se plantearán los cálculos necesarios para el diseño del generador de energía eléctrica por medio de tecnología solar fotovoltaico, así como la parte económica del proyecto que incluye el plan de inversión y los flujos del proyecto, entre otros.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el cálculo del precio de comercialización de energía eléctrica generada por tecnología solar fotovoltaica. Para esto se propone estudiar dos escenarios en relación con la ubicación del proyecto, lo cual influye directamente en los flujos económicos del proyecto: El primer escenario es la ubicación del proyecto en la zona sur del país (departamentos de Valle y Choluteca) donde la radiación solar es mayor, y el segundo escenario será en la zona oriental del país (departamento de Olancho y Gracias a Dios) donde la radiación solar es menor.

Para los datos de inversión, se utilizarán los datos obtenidos del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) de un estudio realizado en el primer trimestre del año 2017, en el cual se calculan los costos de inversión de proyectos residenciales, comerciales y a gran escala (instalaciones de más de 2MW), luego se realizarán los cálculos necesarios para la estimación de los flujos de efectivo utilizando modelos matemáticos de simulación estocástica para observar el posible comportamiento de la energía generada que será el producto a comercializar.

Luego se utilizarán los datos obtenidos para calcular el precio de comercialización de la energía producida por cada uno de los escenarios y se compararán para ver el impacto que tiene la ubicación de cada uno de los proyectos en dicho precio.

Se considera un generador de una capacidad instalada de 50 MW, según el artículo 6 del Decreto No. 138-2013, el cual limita la potencia instalada de los proyectos solares en nuestro país.

4.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo con el mapa de radiación del país (figura 14), se observa que los departamentos en la región sur como ser Choluteca, Valle y algunas regiones de Intibucá son los que cuentan con mayor radiación solar, y en la región oriental, como los departamentos de Olancho y Gracias a Dios que tienen niveles de radiación solar menores.

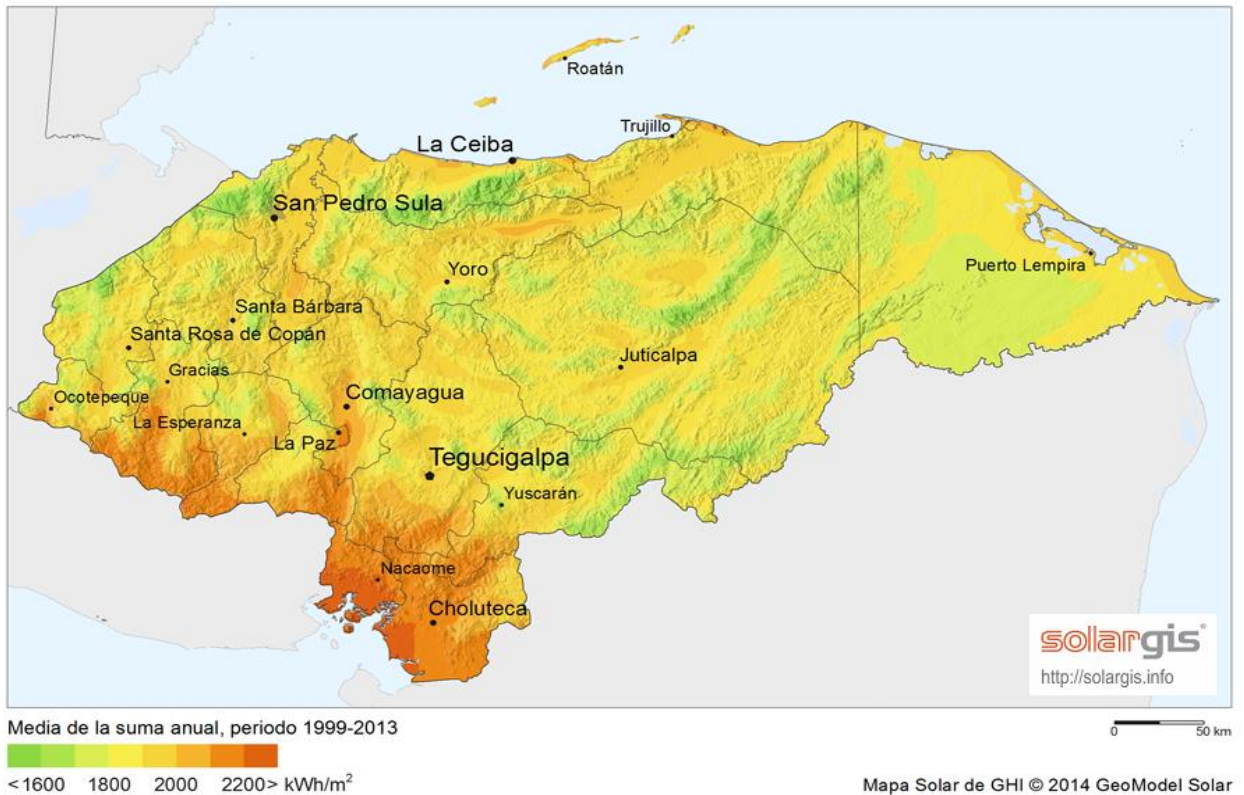


Figura 14. Irradiación Global Horizontal.

Fuente: (Geo Model Solar, 2014)

Se proponen utilizar los datos de radiación de los departamentos de Choluteca y de Gracias a Dios para los cálculos de energía generada, de esta forma se podrá observar cómo influye la ubicación del proyecto en su precio de venta de energía, manteniendo constante el costo de inversión.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

En esta sección se expondrán los cálculos necesarios para el correcto dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, así como todos los equipos necesarios.

4.2.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS A UTILIZAR

Para la selección de que modelo de paneles solares y de inversores que se utilizarán en el proyecto, se plantea una matriz de priorización, de esta forma se elegirá la opción que cumpla con los criterios más importantes.

Tabla 8. Matriz de priorización – paneles solares

Alternativa	Potencia	Material	Precio	Dimensiones	Construcción	Total
	30	15	40	10	5	100
SMP-400	30	15	20	9	5	79
FSM350-72	30	15	16	9	5	75
BSM330M-72	27	15	24	8	4.5	78.5
HIT 330W	27	15	20	8	5	75

Fuente: (Propia, 2017)

Tabla 9. Matriz de priorización - inversores

Alternativa	Eficiencia	Tensión Nominal	Capacidad Sobrecarga	Control	Total
	50	20	20	10	100
SUNNY CENTRAL	40	20	16	10	86
PVS980	45	20	16	5	86
Growatt	35	20	14	3	72

Fuente: (Propia, 2017)

Como se observa en los cuadros anteriores, se utilizarán los equipos que su puntaje es el más elevado, lo que implica que cumplen con las características más importantes de cada uno de los equipos. Para los paneles solares, se elige el modelo SMP-400 de SANA Energy y para los

inversores. el modelo SUNNY CENTRAL. A continuación, se definen las características eléctricas de cada uno de los equipos.

4.2.1.1. PANELES SOLARES

Las celdas solares son las encargadas de que, mediante el efecto fotovoltaico, conviertan la energía solar en energía eléctrica. Los paneles solares se encuentran formados por la agrupación de varias celdas conectadas en serie y paralelo para poder dar una corriente y una tensión nominal para que pueda ser utilizada por los diversos equipos eléctricos.

Para el sistema de captación, es decir, los paneles solares se elige la opción del panel solar de la marca SANA Energy, con las siguientes características:

- Potencia Nominal: 400 W
- Eficiencia media del panel 15.6 %
- Tensión potencia máxima: 49.44 V
- Corriente potencia máxima: 8.09 A
- Tensión Circuito Abierto: 60.4 V
- Corriente Corto Circuito: 8.59 A
- Temperatura de operación: -40 a 85 °C.

4.2.1.2. INVERSORES

La energía es generada por los paneles solares fotovoltaicos al ser impactados por los rayos solares, estos producen la energía en forma de corriente directa, los inversores son los encargados de convertir esta corriente, de directa a alterna, para ser aprovechada por los diferentes equipos o ser inyectada a la red de media tensión.

Para el sistema de conversión, se selecciona el inversor modelo SUNNY CENTRAL, el cual se encuentra diseñado para el uso propuesto. Cuenta con una de las mayores capacidades de carga en el mercado, puede funcionar con diversos niveles de voltaje, y dependiendo de la

necesidad puede traer ya instalado el transformador para poder entregar la energía a la red de la distribuidora.

Trabaja hasta 1000V DC y 550V AC y maneja una corriente de aproximadamente 2300A en la parte AC.

4.2.1.3. BANCOS DE BATERIAS

Los bancos de baterías se utilizan para poder guardar la energía producida por el generador fotovoltaico que no es consumida, y de esa forma ser utilizada después. Estos usualmente se conectan en serie y paralelo para, al igual que los paneles solares, entregar una corriente y tensión nominal, además se utilizan los reguladores de voltaje para la protección de las baterías, de esta forma al estar completamente cargadas, el regulador evita que se sobrecarguen y de esta forma afecten su vida útil.

Para el presente proyecto, no se plantea utilizar bancos de baterías ya que al tratarse de un proyecto netamente de venta de energía, no se considera necesario el almacenamiento de energía.

4.2.1.4. ESTRUCTURA DE INSTALACION DE PANELES

Los paneles solares serán instalados a nivel de suelo, utilizando estructuras metálicas para su colocación y ajuste. Se plantea utilizar estructuras de aluminio con tornillería de acero inoxidable (ya que la instalación se encuentra a la intemperie y deben de soportar los cambios de temperatura, así como el peso de las celdas solares).

Se proyectan utilizar secciones para 10 módulos fotovoltaicos distribuidos en dos filas, para reducir el espacio físico necesario por los paneles solares).

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO

Se plantea realizar los estudios de energía en dos ubicaciones del país, una en la región sur específicamente el departamento de Choluteca que cuenta con la mayor irradiación solar y en la

región este, en el departamento de Gracias a Dios, que tiene la menor irradiación en el país. De esta forma se realizará un comparativo de los resultados de energía en las dos ubicaciones para ver qué porcentaje influye la ubicación en los cálculos de energía.

4.2.2.1. UBICACIÓN #1 – REGIÓN SUR

Por la ubicación geográfica del país, en la región sur se registran los mayores niveles de radiación solar, por lo que se ha seleccionado el departamento de Choluteca.

- Latitud 13.3° N
- Longitud -87.18°E
- Elevación 48m.

Tabla 10. Radiación solar para la estación de Choluteca

Mes	Radiación solar diaria - horizontal (kWh/m ² /d)
Enero	5.17
Febrero	5.69
Marzo	6.25
Abril	6.11
Mayo	5.97
Junio	5.33
Julio	6.19
Agosto	6.03
Septiembre	4.94
Octubre	5.17
Noviembre	5.14
Diciembre	5.11
Anual	5.59

Fuente: (“RetScreen”, n.d.)

4.2.2.2. UBICACIÓN #2 – REGIÓN ESTE

Como ubicación #2, se escoge el departamento de Gracias a Dios que, por su ubicación, se registran los menores niveles de radiación solar.

- Latitud 15.75° N
- Longitud -84.48°E
- Elevación 74.92m.

Tabla 11. Radiación solar para la estación de Brus Lagunas

Mes	Radiación solar diaria - horizontal (kWh/m ² /d)
Enero	3.98
Febrero	4.75
Marzo	5.51
Abril	6.03
Mayo	5.57
Junio	4.93
Julio	4.56
Agosto	4.88
Setiembre	5.11
Octubre	4.47
Noviembre	3.83
Diciembre	3.73
Anual	4.78

Fuente: (“RetScreen”, n.d.)

4.2.3. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS ELÉCTRICOS

En esta sección se realizarán los diferentes cálculos eléctricos para determinar la cantidad de paneles e inversores necesarios para el proyecto descrito anteriormente.

Para la parte económica, se utilizarán los datos de costos obtenidos del informe “U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017” del National Renewable Energy Laboratory de los Estados Unidos.

Se procederá al cálculo de los costos de inversión por paneles solares, inversores y estructuras de montaje y se comparará con los costos en este informe, de esta manera se verificarán los datos obtenidos y luego de validar los datos obtenidos, se podrán utilizar los diferentes costes propuestos para el cálculo del plan de inversión del proyecto.

4.2.3.1. CÁLCULO DE EQUIPO

Para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para el proyecto, así como la cantidad que se deben de conectar en serie y paralelo se utilizarán los datos nominales obtenidos del submittal:

- Potencia pico: 400 W
- Tensión Circuito Abierto: 60.4 V
- Corriente Corto Circuito: 8.59 A

Como en todo proceso de transformación de energía, siempre existe un porcentaje de esta energía que no se aprovecha, estas pérdidas son influidas por la eficiencia tanto de los paneles solares como del inversor que se empleará. Estas eficiencias dependen de características externas a los equipos, por lo que se considerarán los valores máximos permitidos por la normativa, teniendo en cuenta que los valores de las pérdidas se pueden reducir al momento de la construcción y el manejo de la planta generadora. Entre las pérdidas en el sistema, se tienen las siguientes:

Tabla 12. Eficiencias de los equipos del proyecto.

Pérdidas por		Eficiencias
Mismatch	(0.5 - 2.5)	97.5
Sombra	(0 - 5)	95
Suciedad	(1 - 3)	97
Inversor	(3 - 7.5)	92.5
Cableado AC	(0.2 - 1.5)	98.5
Cableado DC	(0.5 - 1.5)	98.5
Temperatura	Calculada	85.7525
TOTAL		69.15%

Fuente: (“Sistemas solares fotovoltaicos”, 2016.)

Para el cálculo de la cantidad de paneles se utilizará la potencia máxima instalada para proyectos de generación de energía solar fotovoltaica, que en este caso es de 50 MW.

$$\# \text{ Paneles} = P_p / P_n$$

Dónde:

- P_p : Potencia máxima del parque
- P_n : Potencia pico del panel solar

$$\# \text{ Paneles} = 50,000,000 \text{ W} / 400 \text{ W}$$

$$\# \text{ Paneles} = 125,000$$

Para conocer la cantidad de paneles fotovoltaicos que deben ser conectados en serie y paralelo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\# \text{ Paneles Serie} = V_{mpi} / V_{mpp}$$

Dónde:

- V_{mpi} : Tensión máxima / mínima del inversor
- V_{mpp} : Tensión máxima potencia del panel

$$\# \text{ Paneles Serie mínimo} = 500 \text{ V} / 49.44 \text{ V}$$

$$\# \text{ Paneles Serie mínimo} = \mathbf{10}$$

$$\# \text{ Paneles Serie máximo} = 1000 \text{ V} / 49.44 \text{ V}$$

$$\# \text{ Paneles Serie máximo} = \mathbf{20}$$

Para la cantidad de paneles en paralelo, el cálculo se hace de la siguiente manera:

$$\# \text{ filas} = I_{cc \text{ max}} / I_{m \text{ pp}}$$

Dónde:

- $I_{cc \text{ max}}$: Corriente continua del inversor
- $I_{m \text{ pp}}$: Corriente máxima del panel

$$\# \text{ filas} = 2300 \text{ A} / 8.09 \text{ A}$$

$$\# \text{ filas} = \mathbf{284}$$

Se observa que de acuerdo con los datos de los paneles y de los inversores, se requieren 22 inversores de una potencia mínima de 2,300 kW y a cada uno de estos inversores se deberán conectar 5,680 paneles solares (en arreglos de 20 paneles conectados en serie y 284 paneles conectados en paralelo).

Para el montaje de los paneles solares es necesario la utilización de estructuras metálicas diseñadas para sistemas solares instalados sobre suelo, con un ángulo de inclinación de 15° (con la posibilidad de poder regular la inclinación).

Se selecciona una estructura para el montaje de 40 paneles fotovoltaicos, de Sunfer Energy Structures, la cual tiene costo de €2,151.04 (\$ 2,565.21). Para la instalación de los paneles solares del proyecto son necesarios 3,125 unidades, lo que se traduce en un costo total por estructura de montaje de \$8,016,281.25 (\$0.16/W instalado).

Actualmente los costos de los paneles solares se encuentran en el orden de 0.35\$/W, por lo que el costo por panel solar es de \$140.00, dando el costo total por los paneles solares necesarios para el proyecto es de \$17,500,000.00.

En cuanto a los inversores, se proyecta la utilización de inversores de 2,500 kW de capacidad, con un costo aproximado de €3,634.48 (\$ 4,333.98), obteniendo un costo total de \$ 86,679.6 (\$0.0017/W instalado).

Como se observa en el siguiente cuadro, los precios calculados de manera directa se encuentran dentro de los valores obtenidos en el informe de la NREL.

Tabla 13. Costos de equipos principales del proyecto.

Equipo	Costo Calculado (\$/W)	Costo según NREL (\$/W)
Panel Solar	0.35	0.31
Inversor	0.0017	0.05
Estructura Montaje	0.16	0.22

Fuente: (Propia, 2017)

4.3. ESTUDIO FINANCIERO

“El estudio financiero dentro de la metodología de evaluación de proyectos consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas en el estudio técnico. Reflejándolas ahora en términos de inversiones y gastos” (Baca, 2013, p. 138).

Se procederá a la elaboración del plan de inversión, los flujos de caja proyectados, estados financieros proyectados para cada uno de los escenarios propuestos, así como las fuentes de financiamiento, el costo de capital.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis financiero del proyecto.

4.3.1. INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

En esta sección se calculan los costos de inversión del proyecto, es decir, la cantidad de efectivo necesario para la construcción y puesta en marcha. Para el cálculo de los costos de inversión, se utilizan datos del informe “U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017” del National Renewable Energy Laboratory de los Estados Unidos.

4.3.1.1. PLAN DE INVERSIÓN

El plan de inversión engloba todos los costos pertinentes a la implementación del proyecto, como ser: los costos de los equipos, las instalaciones físicas y los costos asociados con la construcción.

Tabla 14. Costos de inversión del proyecto.

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo(\$/W)	Costo Total (\$)
1	Módulos Solares	1	Gbl	0.31	15 500 000
2	Inversores	1	Gbl	0.05	2 500 000
3	Componentes Estructurales y Eléctricos	1	Gbl	0.22	11 000 000
4	Mano de Obra - Instalación	1	Gbl	0.12	6 000 000
5	Otros costos	1	Gbl	0.27	13 500 000
*Gbl – Costo Global incluye todos los costos asociados a la actividad o equipo					TOTAL PROYECTO 50MW
					\$ 48 500 000

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.1.2. ESTRUCTURA DE CAPITAL

Ya teniendo el costo total del proyecto, se procede a la definición de la estructura del capital, que en nuestro caso una parte será financiada con fondos propios y la parte restante será financiada por un patrocinador.

Tabla 15. Estructura del capital.

Fuentes de Financiamiento	Aportación	Porcentaje	
Fondos Propios	\$ 19 400 000.00	40%	
Financiamiento	\$ 29 100 000.00	60%	
Total	\$ 48 500 000.00	100%	
Inversión Inicial	Monto	Fondos Propios	Financiamiento
Activos Fijos			
Instalaciones	\$ 11 000 000.00	\$ 4 400 000.00	\$ 6 600 000.00
Maquinaria Y Equipo	\$ 18 000 000.00	\$ 7 200 000.00	\$ 10 800 000.00
Sub-Total	\$ 29 000 000.00	\$ 11 600 000.00	\$ 17 400 000.00
Capital de trabajo			
Mano de Obra	\$ 19 500 000.00	\$ 7 800 000.00	\$ 11 700 000.00
Sub-Total	\$ 19 500 000.00	\$ 7 800 000.00	\$ 11 700 000.00
TOTAL	\$ 48 500 000.00	\$ 19 400 000.00	\$ 29 100 000.00

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.1.3. COSTO PROMEDIO PONDERADO DE CAPITAL

Determinamos el costo promedio ponderado de capital (CPPC), que “es una tasa de descuento que mide el costo promedio que han tenido nuestros activos operativos, en función de la forma en que han sido financiados”(C, 2016).

Tabla 16. Determinación de costo promedio ponderado de capital.

Costo de Capital = $i + f + i*f$	
Tasa Premio de Riesgo (i)	10%
Tasa de inflación promedio (f)	0%
i + f	0%
Costos de capital Fondos Propios	10%

Fuentes de Financiamiento	Aportación	% Aportación	Costo de Capital	Ponderación
Fondos Propios	\$ 19 400 000.00	40%	10.00%	4.00%
Financiamiento	\$ 29 100 000.00	60%	15%	6.75%
Total	\$ 48 500 000.00	100%	25.00%	10.75%

Fuente: (Propia, 2017)

Se considera una tasa de inflación del 0% para el proyecto, debido a que se manejará bajo contrato y, por ende, se propondrá un valor fijo de venta por kWh para el proyecto.

4.3.1.4. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Se considera un financiamiento del 60% del total de la inversión, a un plazo de 20 años, igual a la vida útil del proyecto.

- Tasa de interés: 11% Anual
- Monto: \$ 29 100 000.00
- Cuota Nivelada: \$ 3 654 251.03

Tabla 17. Amortización del financiamiento.

AÑOS	CUOTA	INTERES	ABONO A CAPITAL	SALDO
0				\$ 29 100 000
1	\$ 3 654 251	\$ 3 201 000	\$ 453 251	\$ 28 646 749
2	\$ 3 654 251	\$ 3 151 142	\$ 503 109	\$ 28 143 640
3	\$ 3 654 251	\$ 3 095 800	\$ 558 451	\$ 27 585 190
4	\$ 3 654 251	\$ 3 034 371	\$ 619 880	\$ 26 965 310
5	\$ 3 654 251	\$ 2 966 184	\$ 688 067	\$ 26 277 243
6	\$ 3 654 251	\$ 2 890 497	\$ 763 754	\$ 25 513 488

Continuación tabla 17.

AÑOS	CUOTA	INTERES	ABONO A CAPITAL	SALDO
7	\$ 3 654 251	\$ 2 806 484	\$ 847 767	\$ 24 665 721
8	\$ 3 654 251	\$ 2 713 229	\$ 941 022	\$ 23 724 699
9	\$ 3 654 251	\$ 2 609 717	\$ 1 044 534	\$ 22 680 165
10	\$ 3 654 251	\$ 2 494 818	\$ 1 159 433	\$ 21 520 732
11	\$ 3 654 251	\$ 2 367 281	\$ 1 286 970	\$ 20 233 762
12	\$ 3 654 251	\$ 2 225 714	\$ 1 428 537	\$ 18 805 224
13	\$ 3 654 251	\$ 2 068 575	\$ 1 585 676	\$ 17 219 548
14	\$ 3 654 251	\$ 1 894 150	\$ 1 760 101	\$ 15 459 447
15	\$ 3 654 251	\$ 1 700 539	\$ 1 953 712	\$ 13 505 735
16	\$ 3 654 251	\$ 1 485 631	\$ 2 168 620	\$ 11 337 115
17	\$ 3 654 251	\$ 1 247 083	\$ 2 407 168	\$ 8 929 947
18	\$ 3 654 251	\$ 982 294	\$ 2 671 957	\$ 6 257 990
19	\$ 3 654 251	\$ 688 379	\$ 2 965 872	\$ 3 292 118
20	\$ 3 654 251	\$ 362 133	\$ 3 292 118	\$ 0

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.1.5. DEPRECIACIONES

Se considera la depreciación de los equipos del proyecto, como ser los módulos solares, los inversores y las estructuras de montaje.

Tabla 18. Cuadro de depreciaciones.

Item	Descripción	Costo Total (\$)	Valor Residual (1%)	Valor Por Depreciar (\$)	Vida Útil	Depreciación Anual (\$)
1	Módulos Solares	15 500 000	155 000	15 345 000	20	767 250
2	Inversores	2 500 000	25 000	2 475 000	20	123 750
3	Componentes Estructurales y Eléctricos	11 000 000	110 000	10 890 000	20	544 500
		29 000 000	290 000	28 710 000		1 435 500

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 18.

Ítem	Descripción	Total Depreciación (\$)	Valor en Libro al final del año 20 (\$)
1	Módulos Solares	15 345 000	155 000
2	Inversores	2 475 000	25 000
3	Componentes Estructurales y Eléctricos	10 890 000	110 000
		28 710 000	290 000

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.2. INGRESOS DEL PROYECTO

En este apartado se analiza la energía generada para cada uno de los escenarios propuestos, utilizando un precio base de energía de 0.18 \$/kWh, que es el valor que actualmente se maneja para proyectos que utilizan esta tecnología para la producción de energía.

4.3.2.1. INGRESOS ESCENARIO #1 – CHOLUTECA

En el primer escenario, se plantea la ubicación del proyecto en la región sur del país, específicamente en el departamento de Choluteca. Se debe de considerar que, si el proyecto se realizara en otro departamento de la región sur, los valores aquí presentados no deben de variar significativamente.

Tabla 19. Ingresos del proyecto – escenario #1

Descripción	Proyección					
	Años	1	2	3	4	5
Costo(\$/kWh)		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)		79 097 622	77 721 749	76 769 344	78 879 208	78 693 143
Total Ingresos (\$)		14 237 572	13 989 915	13 818 482	14 198 257	14 164 766

Continuación tabla 19.

Descripción	Proyección				
Años	11	12	13	14	15
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	78 553 523	78 351 411	80 234 783	78 770 283	78 141 121
Total Ingresos (\$)	14 139 634	14 103 254	14 442 261	14 178 651	14 065 402
Descripción	Proyección				
Años	16	17	18	19	20
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	76 669 442	78 036 159	77 642 394	79 115 607	80 385 259
Total Ingresos (\$)	13 800 500	14 046 509	13 975 631	14 240 809	14 469 347

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.2.2. INGRESOS ESCENARIO #2 – GRACIAS A DIOS

En el primer escenario, se plantea la ubicación del proyecto en la región sur del país, específicamente en el departamento de Choluteca. Se debe de considerar que, si el proyecto se realizara en otro departamento de la región sur, los valores aquí presentados no deben de variar significativamente.

Tabla 20. Ingresos del proyecto – escenario #2

Descripción	Proyección				
Años	1	2	3	4	5
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	65 244 216	65 466 829	67 391 801	66 452 366	66 874 199
Total Ingresos (\$)	11 743 959	11 784 029	12 130 524	11 961 426	12 037 356
Descripción	Proyección				
Años	6	7	8	9	10
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	67 078 109	67 488 158	66 250 922	65 495 853	67 798 199
Total Ingresos (\$)	12 074 060	12 147 868	11 925 166	11 789 253	12 203 676
Descripción	Proyección				
Años	11	12	13	14	15
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	65 319 941	65 195 494	66 478 590	66 769 823	66 219 177
Total Ingresos (\$)	11 757 589	11 735 189	11 966 146	12 018 568	11 919 452

Continuación tabla 20.

Descripción	Proyección				
	16	17	18	19	20
Costo(\$/kWh)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción (kWh)	66 971 013	67 493 786	67 342 356	66 309 513	66 681 334
Total Ingresos (\$)	12 054 782	12 148 881	12 121 624	11 935 712	12 002 640

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.3. ESTADO DE RESULTADOS

“La finalidad del análisis del estado de resultados o de pérdidas y ganancias es calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto, que son, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta” (Baca, 2013, p. 150).

4.3.3.1. ESTADO DE RESULTADOS ESCENARIO #1

En el siguiente cuadro se muestran los datos financieros del escenario #1.

Tabla 21. Estado de resultados – escenario #1

Concepto	1	2	3	4
Ingresos	\$ 14 237 571.95	\$ 13 989 914.79	\$ 13 818 481.86	\$ 14 198 257.36
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 14 236 571.95	\$ 13 988 914.79	\$ 13 817 481.86	\$ 14 197 257.36
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00

Continuación tabla 21.

UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 9 451 071.95	\$ 9 204 414.79	\$ 9 032 981.86	\$ 9 412 757.36
(-) Gastos Financieros	\$ 3 201 000.00	\$ 3 151 142.39	\$ 3 095 800.44	\$ 3 034 370.87
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 6 250 071.95	\$ 6 053 272.41	\$ 5 937 181.42	\$ 6 378 386.49
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 562 517.99	\$ 1 513 318.10	\$ 1 484 295.36	\$ 1 594 596.62
Utilidad Neta	\$ 4 687 553.96	\$ 4 539 954.30	\$ 4 452 886.07	\$ 4 783 789.87
Margen Neto	33%	32%	32%	34%

Continuación tabla 21.

Concepto	5	6	7	8
Ingresos	\$ 14 164 765.80	\$ 14 161 593.92	\$ 14 126 522.16	\$ 13 951 632.78
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 14 163 765.80	\$ 14 160 593.92	\$ 14 125 522.16	\$ 13 950 632.78
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 9 379 265.80	\$ 9 376 093.92	\$ 9 341 022.16	\$ 9 166 132.78
(-) Gastos Financieros	\$ 2 966 184.05	\$ 2 890 496.68	\$ 2 806 483.70	\$ 2 713 229.30
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 6 413 081.75	\$ 6 485 597.23	\$ 6 534 538.45	\$ 6 452 903.48
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 603 270.44	\$ 1 621 399.31	\$ 1 633 634.61	\$ 1 613 225.87
Utilidad Neta	\$ 4 809 811.31	\$ 4 864 197.92	\$ 4 900 903.84	\$ 4 839 677.61
Margen Neto	34%	34%	35%	35%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 21.

Concepto	9	10	11	12
Ingresos	\$ 14 125 889.40	\$ 14 024 488.49	\$ 14 139 634.14	\$ 14 103 253.98
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 14 124 889.40	\$ 14 023 488.49	\$ 14 138 634.14	\$ 14 102 253.98
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 9 340 389.40	\$ 9 238 988.49	\$ 9 354 134.14	\$ 9 317 753.98
(-) Gastos Financieros	\$ 2 609 716.91	\$ 2 494 818.15	\$ 2 367 280.54	\$ 2 225 713.78
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 6 730 672.49	\$ 6 744 170.34	\$ 6 986 853.60	\$ 7 092 040.20
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 682 668.12	\$ 1 686 042.58	\$ 1 746 713.40	\$ 1 773 010.05
Utilidad Neta	\$ 5 048 004.37	\$ 5 058 127.75	\$ 5 240 140.20	\$ 5 319 030.15
Margen Neto	36%	36%	37%	38%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 21.

Concepto	13	14	15	16
Ingresos	\$ 14 442 260.89	\$ 14 178 650.88	\$ 14 065 401.71	\$ 13 800 499.63
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 14 441 260.89	\$ 14 177 650.88	\$ 14 064 401.71	\$ 13 799 499.63
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00

Continuación tabla 21.

Concepto	13	14	15	16
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 9 656 760.89	\$ 9 393 150.88	\$ 9 279 901.71	\$ 9 014 999.63
(-) Gastos Financieros	\$ 2 068 574.69	\$ 1 894 150.29	\$ 1 700 539.21	\$ 1 485 630.90
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 7 588 186.20	\$ 7 499 000.59	\$ 7 579 362.50	\$ 7 529 368.73
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 897 046.55	\$ 1 874 750.15	\$ 1 894 840.63	\$ 1 882 342.18
Utilidad Neta	\$ 5 691 139.65	\$ 5 624 250.44	\$ 5 684 521.88	\$ 5 647 026.55
Margen Neto	39%	40%	40%	41%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 21.

Concepto	17	18	19	20
Ingresos	\$ 14 046 508.56	\$ 13 975 630.83	\$ 14 240 809.33	\$ 14 469 346.67
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 14 045 508.56	\$ 13 974 630.83	\$ 14 239 809.33	\$ 14 468 346.67
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 9 261 008.56	\$ 9 190 130.83	\$ 9 455 309.33	\$ 9 683 846.67
(-) Gastos Financieros	\$ 1 247 082.69	\$ 982 294.17	\$ 688 378.92	\$ 362 132.99
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 8 013 925.87	\$ 8 207 836.66	\$ 8 766 930.41	\$ 9 321 713.68
(-) Impuestos (25%)	\$ 2 003 481.47	\$ 2 051 959.16	\$ 2 191 732.60	\$ 2 330 428.42
Utilidad Neta	\$ 6 010 444.40	\$ 6 155 877.49	\$ 6 575 197.81	\$ 6 991 285.26
Margen Neto	43%	44%	46%	48%

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.3.2. ESTADO DE RESULTADOS ESCENARIO #2

En el siguiente cuadro se muestran los datos financieros del escenario #2.

Tabla 22. Estado de resultados – escenario #2

Concepto	1	2	3	4
Ingresos	\$ 11 743 958.79	\$ 11 784 029.26	\$ 12 130 524.21	\$ 11 961 425.79
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 11 742 958.79	\$ 11 783 029.26	\$ 12 129 524.21	\$ 11 960 425.79
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 6 957 458.79	\$ 6 998 529.26	\$ 7 345 024.21	\$ 7 175 925.79
(-) Gastos Financieros	\$ 3 201 000.00	\$ 3 151 142.39	\$ 3 095 800.44	\$ 3 034 370.87
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 3 756 458.79	\$ 3 847 386.87	\$ 4 249 223.77	\$ 4 141 554.92
(-) Impuestos (25%)	\$ 939 114.70	\$ 961 846.72	\$ 1 062 305.94	\$ 1 035 388.73
Utilidad Neta	\$ 2 817 344.09	\$ 2 885 540.15	\$ 3 186 917.83	\$ 3 106 166.19
Margen Neto	24%	24%	26%	26%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 22.

Concepto	5	6	7	8
Ingresos	\$ 12 037 355.89	\$ 12 074 059.68	\$ 12 147 868.35	\$ 11 925 165.94
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 12 036 355.89	\$ 12 073 059.68	\$ 12 146 868.35	\$ 11 924 165.94
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 7 251 855.89	\$ 7 288 559.68	\$ 7 362 368.35	\$ 7 139 665.94
(-) Gastos Financieros	\$ 2 966 184.05	\$ 2 890 496.68	\$ 2 806 483.70	\$ 2 713 229.30
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 4 285 671.84	\$ 4 398 063.00	\$ 4 555 884.65	\$ 4 426 436.64
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 071 417.96	\$ 1 099 515.75	\$ 1 138 971.16	\$ 1 106 609.16
Utilidad Neta	\$ 3 214 253.88	\$ 3 298 547.25	\$ 3 416 913.48	\$ 3 319 827.48
Margen Neto	27%	27%	28%	28%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 22.

Concepto	9	10	11	12
Ingresos	\$ 11 789 253.48	\$ 12 203 675.83	\$ 11 757 589.45	\$ 11 735 188.96
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 11 788 253.48	\$ 12 202 675.83	\$ 11 756 589.45	\$ 11 734 188.96
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00

Continuación tabla 22.

Concepto	9	10	11	12
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 7 003 753.48	\$ 7 418 175.83	\$ 6 972 089.45	\$ 6 949 688.96
(-) Gastos Financieros	\$ 2 609 716.91	\$ 2 494 818.15	\$ 2 367 280.54	\$ 2 225 713.78
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 4 394 036.57	\$ 4 923 357.67	\$ 4 604 808.91	\$ 4 723 975.17
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 098 509.14	\$ 1 230 839.42	\$ 1 151 202.23	\$ 1 180 993.79
Utilidad Neta	\$ 3 295 527.43	\$ 3 692 518.26	\$ 3 453 606.69	\$ 3 542 981.38
Margen Neto	28%	30%	29%	30%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 22.

Concepto	13	14	15	16
Ingresos	\$ 11 966 146.19	\$ 12 018 568.11	\$ 11 919 451.89	\$ 12 054 782.33
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 11 965 146.19	\$ 12 017 568.11	\$ 11 918 451.89	\$ 12 053 782.33
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 7 180 646.19	\$ 7 233 068.11	\$ 7 133 951.89	\$ 7 269 282.33
(-) Gastos Financieros	\$ 2 068 574.69	\$ 1 894 150.29	\$ 1 700 539.21	\$ 1 485 630.90
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 5 112 071.51	\$ 5 338 917.83	\$ 5 433 412.68	\$ 5 783 651.43
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 278 017.88	\$ 1 334 729.46	\$ 1 358 353.17	\$ 1 445 912.86
Utilidad Neta	\$ 3 834 053.63	\$ 4 004 188.37	\$ 4 075 059.51	\$ 4 337 738.57
Margen Neto	32%	33%	34%	36%

Fuente: (Propia, 2017)

Continuación tabla 22.

Concepto	17	18	19	20
Ingresos	\$ 12 148 881.46	\$ 12 121 624.10	\$ 11 935 712.30	\$ 12 002 640.13
Egresos				
(-) Total Costos Variables	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
Contribución Marginal	\$ 12 147 881.46	\$ 12 120 624.10	\$ 11 934 712.30	\$ 12 001 640.13
Margen de Contribución	L1	L1	L1	L1
(-) Costos fijos	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00	\$ 3 350 000.00
Depreciaciones	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00	\$ 1 435 500.00
(-) TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00	\$ 4 785 500.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS E INTERESES	\$ 7 363 381.46	\$ 7 336 124.10	\$ 7 150 212.30	\$ 7 217 140.13
(-) Gastos Financieros	\$ 1 247 082.69	\$ 982 294.17	\$ 688 378.92	\$ 362 132.99
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	\$ 6 116 298.77	\$ 6 353 829.93	\$ 6 461 833.38	\$ 6 855 007.14
(-) Impuestos (25%)	\$ 1 529 074.69	\$ 1 588 457.48	\$ 1 615 458.34	\$ 1 713 751.79
Utilidad Neta	\$ 4 587 224.08	\$ 4 765 372.44	\$ 4 846 375.03	\$ 5 141 255.36
Margen Neto	38%	39%	41%	43%

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.4. TÉCNICAS DE PRESUPUESTO DE CAPITAL

“Evaluación financiera de oportunidades de inversión que por lo común implican comparar flujos de efectivo futuros que generará una inversión inicial. La evaluación puede incluir técnicas complementarias como valor presente neto, tasa interna de rendimiento, payback, entre otras” (Ramírez, 2008, p. 20).

4.3.4.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este método consiste en traer todos los flujos positivos de efectivo (o negativos, según sea el caso) a valor presente, a una tasa de interés dada (la mínima tasa a la que se descuenten dichos flujos debe ser la del costo de capital) y compararlos con el monto de la inversión. Si el resultado es positivo, la

inversión es provechosa; si es negativo, no conviene llevar a cabo el proyecto. (Ramírez, 2008, p. 398)

Considerando una tasa de descuento del 10.75% y los flujos de efectivos proyectados durante 20 años, se obtiene un VAN positivo para ambos escenarios, lo que indica que el proyecto es rentable y factible pero como se puede observar, al tener un ingreso mayor, el escenario #1 (Proyecto ubicado en Choluteca) es más rentable.

Tabla 23. Valor Actual Neto. Escenarios #1 y #2.

Valor Actual Neto (VAN)	Ubicación
\$ 24 971 501.31	Escenario #1 - Choluteca
\$ 11 944 942.92	Escenario #2 - Gracias a Dios

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.4.2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

Este método consiste en encontrar la tasa a que se deben descontar los flujos positivos de efectivo, de tal manera que su valor actual sea igual a la inversión. La tasa obtenida significa el rendimiento de la inversión tomando en consideración que el dinero tiene un costo a través del tiempo. Este rendimiento se debe comparar con el costo de capital de la empresa. (Ramírez, 2008, p. 401)

Tabla 24. Tasa Interna de Rendimiento. Escenarios #1 y #2.

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	Ubicación
18.13%	Escenario #1 – Choluteca
14.39%	Escenario #2 - Gracias a Dios

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.4.3. PUNTO DE EQUILIBRIO FINANCIERO

“El punto en que los ingresos de la empresa son iguales a sus costos se llama punto de equilibrio; en él no hay utilidad ni pérdida” (Ramírez, 2008, p. 161).

Para nuestro proyecto, el cálculo del punto de equilibrio financiero es importante, ya que nos da una referencia de cuál deberá ser el precio mínimo de venta de energía para que no existan pérdidas en el proyecto.

Tabla 25. Ingresos para punto de equilibrio financiero – escenario #1.

Descripción	Proyección				
Años	1	2	3	4	5
Costo(\$/kWh)	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275
Producción (kWh)	79 097 621.95	77 721 748.85	76 769 343.65	78 879 207.55	78 693 143.35
Total Ingresos (\$)	10 084 221.03	9 908 809.84	9 787 386.91	10 056 375.20	10 032 653.72
Descripción	Proyección				
Años	6	7	8	9	10
Costo(\$/kWh)	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275
Producción (kWh)	78 675 521.75	78 480 678.65	77 509 071.00	78 477 163.35	77 913 824.95
Total Ingresos (\$)	10 030 407.13	10 005 566.42	9 881 695.36	10 005 118.26	9 933 297.78
Descripción	Proyección				
Años	11	12	13	14	15
Costo(\$/kWh)	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275
Producción (kWh)	78 553 523.00	78 351 411.00	80 234 782.70	78 770 282.65	78 141 120.60
Total Ingresos (\$)	10 014 853.41	9 989 085.99	10 229 198.60	10 042 488.28	9 962 275.89
Descripción	Proyección				
Años	16	17	18	19	20
Costo(\$/kWh)	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275	0.1275
Producción (kWh)	76 669 442.40	78 036 158.65	77 642 393.50	79 115 607.40	80 385 259.25
Total Ingresos (\$)	9 774 650.42	9 948 894.20	9 898 692.76	10 086 514.01	10 248 382.98

Fuente: (Propia, 2017)

En la tabla anterior, se observan los ingresos del proyecto con un precio de venta de energía de 0.1275\$/kWh (punto de equilibrio financiero para el escenario #1).

Tabla 26. Ingresos para punto de equilibrio financiero – escenario #2.

Descripción	Proyección				
Años	1	2	3	4	5
Costo(\$/kWh)	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504
Producción (kWh)	65 244 215.50	65 466 829.20	67 391 801.15	66 452 365.50	66 874 199.40
Total Ingresos (\$)	9 811 051	9 844 526	10 133 992	9 992 725	10 056 158
Descripción	Proyección				
Años	6	7	8	9	10
Costo(\$/kWh)	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504
Producción (kWh)	67 078 109.35	67 488 157.50	66 250 921.90	65 495 852.65	67 798 199.05
Total Ingresos (\$)	10 086 821	10 148 482	9 962 433	9 848 890	10 195 104
Descripción	Proyección				
Años	11	12	13	14	15
Costo(\$/kWh)	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504
Producción (kWh)	65 319 941.40	65 195 494.20	66 478 589.95	66 769 822.85	66 219 177.15
Total Ingresos (\$)	9 822 438	9 803 724	9 996 669	10 040 463	9 957 660
Descripción	Proyección				
Años	16	17	18	19	20
Costo(\$/kWh)	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504
Producción (kWh)	66 971 012.95	67 493 785.90	67 342 356.10	66 309 512.75	66 681 334.05
Total Ingresos (\$)	10 070 717	10 149 328	10 126 557	9 971 244	10 027 156

Fuente: (Propia, 2017)

De igual manera, se observan los ingresos del proyecto con un precio de venta de energía de 0.1504\$/kWh (punto de equilibrio financiero para el escenario #2).

4.3.4.4. PRECIO MONÓMICO

Se procede al cálculo del precio monómico, que consiste en la relación que se tiene entre los gastos de generación de energía (inversión y demás gastos asociados) y la energía generada o entregada.

Tabla 27. Cálculo precio monómico – escenario #1.

Concepto	1	2	3	4	5
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	79 097 622	77 721 749	76 769 344	78 879 208	78 693 143
Precio monómico (\$/kWh)	0.0424	0.0431	0.0437	0.0425	0.0426
Concepto	6	7	8	9	10
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	78 675 522	78 480 679	77 509 071	78 477 163	77 913 825
Precio monómico (\$/kWh)	0.0426	0.0427	0.0432	0.0427	0.0430
Concepto	11	12	13	14	15
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	78 553 523	78 351 411	80 234 783	78 770 283	78 141 121
Precio monómico (\$/kWh)	0.0427	0.0428	0.0418	0.0425	0.0429
Concepto	16	17	18	19	20
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	76 669 442	78 036 159	77 642 394	79 115 607	80 385 259
Precio monómico (\$/kWh)	0.0437	0.0429	0.0432	0.0424	0.0417

Fuente: (Propia, 2017)

Tabla 28. Cálculo precio monómico – escenario #2.

Concepto	1	2	3	4	5
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	65 244 216	65 466 829	67 391 801	66 452 366	66 874 199
Precio monómico (\$/kWh)	0.0514	0.0512	0.0497	0.0504	0.0501
Concepto	6	7	8	9	10
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	67 078 109	67 488 158	66 250 922	65 495 853	67 798 199
Precio monómico (\$/kWh)	0.0500	0.0497	0.0506	0.0512	0.0494
Concepto	11	12	13	14	15
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	65 319 941	65 195 494	66 478 590	66 769 823	66 219 177
Precio monómico (\$/kWh)	0.0513	0.0514	0.0504	0.0502	0.0506
Concepto	16	17	18	19	20
Costos Generación (\$)	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000	\$ 3 351 000
Demanda Abastecida(kWh)	66 971 013	67 493 786	67 342 356	66 309 513	66 681 334
Precio monómico (\$/kWh)	0.0500	0.0496	0.0498	0.0505	0.0503

Fuente: (Propia, 2017)

4.3.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Si observamos las hipótesis planteadas en el capítulo III:

H_0 = El precio monómico de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica será mayor o igual a 0.10\$/kWh.

H_1 = El precio monómico de venta de energía generada por tecnología solar fotovoltaica será menor a 0.10\$/kWh.

De la tabla 27 se obtiene que para el escenario #1, el precio monómico máximo es de 0.0437\$/kWh y el mínimo es de 0.0417\$/kWh, y un promedio de 0.0427\$/kWh.

De la tabla 28 se obtiene que para el escenario #2, el precio monómico máximo es de 0.0514\$/kWh y el mínimo es de 0.0494\$/kWh, y un promedio de 0.0504\$/kWh.

Se observa que en ambos escenarios, el precio monómico es inferior a 0.10\$/kWh por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentan en este capítulo, los resultados obtenidos en el estudio. Se enumeran las variables utilizadas y su impacto en la aceptación o rechazo de la hipótesis del problema.

5.1. CONCLUSIONES

- 1) Los proyectos de generación con tecnología solar fotovoltaica pueden variar en cuanto a la potencia instalada, desde proyectos pequeños (2.0 MW o menos) para abastecimiento de edificios de oficinas e industrias pequeñas) hasta proyectos grandes (10 MW en adelante) para industrias medianas, grandes y para la venta (como es nuestro estudio). En nuestro país, por decreto del gobierno, la potencia instalada de proyectos de generación solar fotovoltaica se restringe a una capacidad máxima de 50MW.
- 2) La tecnología juega un papel importante en el costo de inversión de este tipo de proyectos, ya que a medida que pasa el tiempo, los equipos suelen ser más eficientes lo que se traduce a un mejor aprovechamiento del recurso y a la disminución de pérdidas, por lo que al momento de la selección de los equipos a implementarse en el proyecto, se debe de realizar un estudio de beneficio – costo, ya que se puede dar el caso que por aumentar la inversión inicial del proyecto, se puedan prevenir situaciones negativas al proyecto (que pueden llevar a la generación de pérdidas).
- 3) Se seleccionaron dos escenarios para la ubicación del proyecto, siendo el factor principal en esta selección la cantidad de radiación solar que se obtiene en las dos ubicaciones. El primer escenario, siendo el de mayor cantidad la radiación solar y el segundo siendo el de menor radiación solar. Al realizar de esta manera el estudio, se puede observar como este factor afecta directamente en los costos del proyecto. La selección del emplazamiento del proyecto es esencial en los ingresos del proyecto, ya que, entre mayor radiación solar obtiene los paneles solares instalados en el proyecto, se produce más energía y por ende, se generan mayores ingresos al proyecto.
- 4) El costo de venta de la energía está compuesto por el costo de generación (precio monómico), el valor de transmisión y el de distribución. Para lograr tener un costo de venta competitivo se debe de reducir el costo de generación (que es la variable que se puede manipular), esto se

puede lograr ya sea reduciendo los costos de inversión o aumentando la cantidad de energía generada.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la implementación de proyectos de generación de energía por medio de tecnología solar fotovoltaica, se recomienda:

- 1) Seleccionar un área con la mayor radiación solar posible. Se demostró que este factor afecta de manera directa los ingresos del proyecto, ya que, a mayor radiación, mayor energía producida y mayor energía vendida.
- 2) Utilizar equipos con mayores eficiencias y de mayor calidad. Como estos proyectos normalmente tienen una vida útil de 20 años, se deben de elegir paneles solares, inversores y demás equipos de última tecnología, para que no se incurra en costos no planeados de reemplazo de equipos que afecta de manera negativa al proyecto.
- 3) Realizar estudios para la correcta selección de capacidad instalada. Así como la potencia máxima para este tipo de proyectos es de 50MW, no necesariamente es el valor óptimo para todos los proyectos. Puede ser más rentable la implementación de varios proyectos de menor capacidad a uno de mayor capacidad.

BIBLIOGRAFÍA

Baca, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (Séptima). México: McGraw Hill.

Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera). Colombia: Pearson.

C, L. A. M. (2016, enero 12). Costo de capital promedio ponderado CCPP o WACC. Recuperado el 1 de diciembre de 2017, a partir de <https://www.gestiopolis.com/costo-capital-promedio-ponderado-ccpp-wacc/>

Castañeda Jiménez, J., de la Torre Lozano, M. O., Morán Rodríguez, J. M., & Lara Ramírez, L. P. (2004). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

Espinoza, J. L., Hernández, D., & Santos Reyes, R. (2017). *Informe del observatorio de bienes naturales y derechos humanos de CEHPRODEC*.

Grupo de nuevas actividades profesionales. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Colegio oficial ingenieros de telecomunicaciones.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw Hill.

Pacheco Espejel, A., & Cruz Estrada, M. C. (2006). *Metodología crítica de la investigación*. Continental.

Plan estratégico Empresa Nacional de Energía Eléctrica 2016 - 2020. (2016, noviembre).

Ramírez, D. (2008). *Contabilidad administrativa* (Octava). México: McGraw Hill.

Roca, J. A. (s/f). Las 10 (y siete) mayores plantas fotovoltaicas del mundo (Actualización) | El Periodico de la Energía. Recuperado el 18 de septiembre de 2017, a partir de <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>

Rojas Soriano, R. (1991). *Guía para realizr investigaciones sociales*. México: Plaza y Valdés Editores.

Zanguitu, J. E. (2014, noviembre 16). FISCOQUÍMICA 3º SECUNDARIA: La radiación solar: usos y aplicaciones. Recuperado el 18 de septiembre de 2017, a partir de <http://fisicoquimicaterceroiem.blogspot.com/2014/11/la-radiacion-solar-usos-y-aplicaciones.html>