

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES NO CONVENCIONALES
DE ENERGÍA RENOVABLE EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE
COLOMBIA UTILIZANDO EL SOFTWARE HOMER (VERSIÓN DEMO): TRES
CASOS DE ESTUDIO**

JACKSON PARRA MARTÍNEZ

KAREN VANESSA CAMPOS PÉREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO- QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2014

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES NO CONVENCIONALES
DE ENERGÍA RENOVABLE EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE
COLOMBIA UTILIZANDO EL SOFTWARE HOMER(VERSIÓN DEMO): TRES
CASOS DE ESTUDIO**

JACKSON PARRA MARTÍNEZ

KAREN VANESSA CAMPOS PÉREZ

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero químico

Director

Dr. VYATCHESLAV KAFAROV

Ingeniero Químico Dr. Sc

Co-Director

ANA MARÍA ROSSO CERÓN

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO- QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

A Dios por darnos las fuerzas de luchar y seguir adelante para hacer este sueño posible.

A nuestros padres y hermanos por su amor, dedicación, confianza y apoyo.

Y a todos aquellos que nos ayudaron y guiaron en este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, a la escuela de ingeniería química y a sus docentes por la formación brindada durante la carrera profesional.

Al centro de investigación CIDES por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Al Dr. Sc. Vyatcheslav Kafarov por la oportunidad de realizar este trabajo de grado.

A la ingeniera Ana María Rosso por su guía y apoyo en la realización de este trabajo.

Y a nuestras familias por brindarnos la oportunidad de ser profesionales y ofrecernos un apoyo incondicional para este importante logro.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1 OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
2 CONCEPTOS TEÓRICOS.....	22
2.1 ZONAS NO INTERCONECTADAS EN COLOMBIA.....	22
2.2 TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	23
2.2.1 Tecnología Solar- Fotovoltaica.....	26
2.2.2 Tecnología hidroeléctrica-Pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH).....	27
2.2.3 Tecnología Eólica-Pequeños Aerogeneradores.....	28
2.3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	29
2.4 SOFTWARE DE SIMULACIÓN HOMER.....	31
3 METODOLOGÍA.....	32
3.1 ESTIMACIÓN DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LAS ZNI.....	32
3.2 SELECCIÓN DE LOS TRES CASOS DE ESTUDIO.....	33
3.3 ESTIMACIÓN DE LOS POTENCIALES ENERGÉTICOS.....	35

3.4 SELECCIÓN LOS EQUIPOS ADECUADOS PARA CADA TECNOLOGÍA.....	36
3.5 CALCULO DE LOS COSTOS DE TECNOLOGÍAS.....	37
3.6 SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE HOMER.....	38
3.7 CALCULO DE LA TIR Y EL VPN.....	39
4 RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	41
4.1 Escenario 1: Demanda máxima- sin subsidio.....	41
4.2 Escenario 2: Demanda mínima sin subsidio.....	43
4.3 Escenario 3: Demanda máxima- con subsidio.....	46
4.4 Escenario 4: Demanda mínima con subsidio.....	48
5 CONCLUSIONES.....	51
6 RECOMENDACIONES.....	53
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXO.....	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de PCH, según CREG	28
Tabla 2. Demandas energéticas mínimas y máximas	33
Tabla 3. Consumo energético mensual por departamento de las ZNI	33
Tabla 4. Características de los municipios seleccionados	34
Tabla 5. Potenciales energéticos para los tres casos de estudio.	35
Tabla 6. Especificaciones de los equipos utilizados	36
Tabla 7. Costo de la energía según HOMER para una demanda mínima	40
Tabla 8. Costo de la energía según HOMER para una demanda máxima	40
Tabla 9. Valores del VPN Y TIR de la demanda máxima sin subsidio	43
Tabla 10. Valor del VPN y la TIR para una demanda mínima sin subsidio	45
Tabla 11. Valor de la VPN y la TIR de la demanda máxima con subsidio	48
Tabla 12. Valor de VPN y la TIR demanda mínima con subsidio	50
Tabla 13. Costos máximos de prestación del servicio departamental con y sin incluir subsidios	65
Tabla 14. Componentes de remuneración de inversión en PCH.	66
Tabla 15. Componentes de remuneración de inversores en sistemas solares fotovoltaicos y sistemas eólicos.	66

Tabla 16. Consumo de energía para Bogotá, Medellín, Pasto y Barranquilla	68
Tabla 17. Demanda energética de las ZNI.....	69
Tabla 18. Demanda horaria máxima y mínima	74
Tabla 19. Tabla de conversión	75
Tabla 20. Costos totales de los sistemas fotovoltaicos	76
Tabla 21. Costos totales de los sistemas eólicos	79
Tabla 22. Costos totales de una PCH.....	81
Tabla 23. Flujo de caja para el sistema eólica de Puerto Concordia (Demanda mínima)	83
Tabla 24. Flujo de caja para el sistema eólica de Puerto Concordia (Demanda máxima).....	84
Tabla 25. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Valle de Guamuez (Demanda máxima).....	85
Tabla 26. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Valle de Guamuez (Demanda mínima).....	86
Tabla 27. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Puerto Concordia (Demanda máxima).....	87
Tabla 28. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Puerto Concordia (Demanda mínima).....	88
Tabla 29. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Riosucio (Demanda máxima).....	89

Tabla 30.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Riosucio (Demanda mínima)	90
Tabla 31.Demanda máxima y mínima de sistemas eólicos- Puerto Concordia.....	91
Tabla 32. Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas eólica (Demanda máxima)	92
Tabla 33.Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas eólica (Demanda mínima)	93
Tabla 34.Demanda máxima y mínima de sistemas fotovoltaicos.....	94
Tabla 35.Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima)	95
Tabla 36.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima).....	96
Tabla 37.Flujo de caja con y sin subsidio para Valle de Guamuez de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima)	97
Tabla 38.Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima)	98
Tabla 39.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima).....	99
Tabla 40.Flujo de caja con y sin subsidio para Valle de Guamuez de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima)	100
Tabla 41.Demanda máxima y mínima de PCH para Riosucio y Valle de Guamuez	101

Tabla 42. Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio y Valle de Guamuez de PCH (Demanda mínima)	102
Tabla 43. Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio y Valle de Guamuez de PCH (Demanda máxima)	103
Tabla 44. Flujo de caja acumulado de demanda máxima sin subsidio	104
Tabla 45. Flujo de caja acumulado de demanda mínima sin subsidio	105
Tabla 46. Flujo de caja acumulado de demanda máximo con subsidio	106
Tabla 47. Flujo de caja acumulado de demanda mínimo con subsidio	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de las ZNI en Colombia	23
Figura 2. Formas de utilizar las tecnologías renovables	25
Figura 3. Partes de un sistema fotovoltaico	26
Figura 4. Esquema transversal de un sistema hidroeléctrico a filo de agua	27
Figura 5. Partes de un sistema eólico.....	28
Figura 6. Flujo de caja	29
Figura 7. Funcionamiento de HOMER	31
Figura 8. Costos necesarios para implementar las tecnologías	37
Figura 9. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda máxima sin subsidio) ..	41
Figura 10. Flujo de Caja para Riosucio (demanda máxima sin subsidio)	42
Figura 11. Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda máxima sin subsidio)	43
Figura 12. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda mínima sin subsidio) .	44
Figura 13. Flujo de Caja para Riosucio (demanda mínima sin subsidio).....	44
Figura 14 .Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda mínima sin subsidio)	45
Figura 15. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda máxima con subsidio)	46

Figura 16. Flujo de Caja para Riosucio (demanda máxima con subsidio).....47

Figura 17. Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda máxima con subsidio)
.....47

Figura 18. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda mínima con subsidio) 49

Figura 19. Flujo de Caja para Riosucio (demanda mínima con subsidio).....49

Figura 20. Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda mínima con subsidio)
.....50

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Reglamentaciones Colombia para las ZNI	65
Anexo B. Tecnologías.....	67
Anexo C. Demanda energética de las ZNI.....	68
Anexo D. Calculo de equipos	75
Anexo E. Costo de tecnologías	76
Anexo F. Flujo de caja estimado por el software HOMER	83
Anexo G. Cálculo de la TIR y VPN	91
Anexo H. Flujos de caja acumulados	104

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA UTILIZANDO EL SOFTWARE HOMER (VERSIÓN DEMO): TRES CASOS DE ESTUDIO.*

AUTORES: JACKSON PARRA MARTÍNEZ, KAREN VANESSA CAMPOS PÉREZ**

PALABRAS CLAVES: ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA, SOFTWARE HOMER, ENERGÍA RENOVABLE, ZNI.

Las zonas no interconectadas (ZNI) comprenden alrededor del 66% del territorio nacional, están ubicadas en lugares de difícil acceso a largas distancias de los centros urbanos, carecen de infraestructura física y no cuentan con vías de acceso apropiadas, son zonas de alta importancia ecológica, que se caracterizan por su riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad, pero paradójicamente los servicios públicos son escasos y deficientes y sus necesidades básicas están insatisfechas; por lo que este trabajo se estudiará una solución de suplir el déficit de cobertura eléctrica presente en estas zonas, de una forma favorable para el medio ambiente y contribuyendo con el desarrollo de las mismas. Lo anterior se realizará mediante análisis de la viabilidad económica de tecnologías de generación eléctrica, a partir de fuentes no convencionales de energía renovables utilizando el software HOMER que evalúa dichas alternativas. A partir de una búsqueda bibliográfica se obtuvo una demanda eléctrica y el potencial energético para la ZNI, realizando así la elección de los tres municipios (casos de estudio). Se analizaron cuatro escenarios donde evaluaron las demandas y los subsidios proporcionados por el estado para estas tecnologías. Para los cuatro escenarios el tiempo mínimo de recuperación de la inversión está entre 6 y 7 años; haciéndose viable en los escenarios sin subsidio de energía la tecnología eólica con pequeños aerogeneradores y las PCH. Esta situación cambia radicalmente en los escenarios con subsidio de energía, en los cuales solo se hace viable la tecnología solar fotovoltaica.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Vyatcheslav Kafarov, Ingeniero Químico Dr. Sc. Codirector: Ana María Rosso Cerón, Ingeniera Química.

ABSTRACT

TITLE: ANALYZING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF TECHNOLOGIES FOR ELECTRICITY GENERATION FROM NON-CONVENTIONAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN NON-INTERCONNECTED ZONES (ZNI) USING THE SOFTWARE HOMER (DEMO VERSION): THREE CASES STUDY.*

AUTHORS: JACKSON PARRA MARTÍNEZ, KAREN VANESSA CAMPOS PÉREZ**

KEYWORDS: ANALYSIS OF ECONOMIC VIABILITY, SOFTWARE HOMER, RENEWABLE ENERGY, ZNI.

The non-Interconnected zones (ZNI) comprehend about 66% of Colombian national territory, they are located in hard-access places far away from urban areas, lack of physical infrastructure and do not have appropriate routes of access. These areas are of high environmental importance, characterized by its wealth of natural resources and vast biodiversity. Paradoxically, public services are limited and poorly developed, so people's basic needs are unsatisfied; whereby the present Project study a potential solution to supply the electricity coverage deficit existent in these areas, in an environmental-friendly way and contributing with the development of the region. This will be done by analyzing the economic feasibility of technologies for electricity generation from non-conventional of renewable energy sources using the software HOMER that evaluates such alternatives. Starting with a literature research an electrical demand and energy potential for ZNI was obtained, doing the choice of the 3 townships (study cases). Four scenarios were analyzed, and the demands and subsidies provided by the government for this technologies were evaluated. For each scenery the minimum investment recuperation time is between 6 and 7 years; becoming viable in the unsubsidized scenarios the wind energy technology with small wind turbine and in the PCH. This situation has a radical change in the subsidized energy scenarios, in which only becomes viable solar photovoltaic technology.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Vyatcheslav Kafarov, Ingeniero Químico Dr. Sc. Codirector: Ana María Rosso Cerón, Ingeniera Química.

INTRODUCCIÓN

El ser humano depende de la energía eléctrica, a tal nivel que se ha convertido en el cimiento del desarrollo industrial y social de los países. Colombia es un claro ejemplo de esto, ya que, entre sus problemas socio-económicos se encuentra la necesidad de suplir la demanda energética de la población la cual se encuentra dividida en dos: Sistema Interconectado Nacional (SIN) y Zonas No Interconectadas (ZNI).

En el SIN se suministra la energía eléctrica por medio de plantas y equipos de generación, transmisores, distribuidores y comercializadores del mercado mayorista, a través del SIN.

Por otro lado las ZNI comprenden alrededor del 66% del territorio nacional, están ubicadas en lugares de difícil acceso a largas distancias de los centros urbanos, carecen de infraestructura física y no cuentan con vías de acceso apropiadas, son zonas de alta importancia ecológica, que se caracterizan por su riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad [1], pero paradójicamente los servicios públicos son escasos y deficientes y sus necesidades básicas están insatisfechas.

Para superar la carencia de servicio eléctrico en estas zonas, se han establecido soluciones como la generación diésel con un 92% y generación por fuentes no convencionales de energía renovables (FNCE-R) como solar, eólica, PCH's, y biomasa, con un 8% [2]; sin embargo los costos necesarios para suplir la demanda mínima de energía son muy altos debido al aumento de los costos de los combustibles utilizados, el poco desarrollo tecnológico y el comercio incipiente de estas tecnologías en el país.

De lo anterior se infiere que la solución energética comúnmente utilizada en las ZNI (generación diésel) no es la más factible a nivel económico, acarreado con ello efectos negativos a nivel social y su exceso ocasiona cambios ambientales

por problemas de contaminación, calentamiento y acidificación. Las diferentes iniciativas para la implementación de energías renovables en ZNI de Colombia se encuentran en una etapa inicial que consiste en la formulación de proyectos para planes de desarrollo. Estos proyectos para el desarrollo de FNCE-R han sido formulados por el sector minero energético a cargo del Ministerio de Minas y Energía (MME), el cual está apoyado en cuatro directrices: energía, gas, hidrocarburos, minas y un variado grupo de entidades clasificadas como adscritas entre las cuales se cuentan la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Comisión de Regulación y de Energía (CREG), establecimientos públicos como el Instituto de Planeación de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE) y entidades vinculadas como sociedades de economía mixta, empresas de servicios públicos mixtas y sociedades públicas por acciones **[3]**.

La ventaja principal para el desarrollo de proyectos en Colombia radica en alto potencial para de las fuentes alternativas de energía, siendo este documento un referente para la tomar decisiones acerca de la implementación de tecnologías con FNCE-R, puesto que brinda un análisis de viabilidad económica de las tecnologías de generación eléctrica a partir de dichas tecnologías para ZNI en Colombia teniendo en cuenta los recursos disponibles, demanda eléctrica, costos de equipos, transporte, operación y mantenimiento, etc.

La metodología utilizada para la realización de este trabajo, parte de una búsqueda bibliográfica para establecer la demanda eléctrica para la ZNI, realizando así la elección de los tres municipios (casos de estudio). Posteriormente estiman los potenciales solares, eólicos e hídricos, se definen las regulaciones que el estado ha formulado para la venta de la energía y los costos necesarios para poder implementar las tecnologías de generación eléctrica con recursos renovables. Finalmente con el Software HOMER se simulan las tecnologías propuestas y con sus resultados se calculan los indicadores económicos para evaluar los proyectos.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la viabilidad económica de tecnologías de generación eléctrica a partir de FNCE-R en ZNI de Colombia para tres casos de estudio mediante el software HOMER.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Estimar la demanda de energía eléctrica en las ZNI en función de los hogares sin servicio y las necesidades eléctricas insatisfechas, con el fin de seleccionar tres zonas de estudio para analizar.
- ❖ Estimar el potencial energético de las diferentes zonas de estudio para seleccionar las tecnologías renovables de generación eléctrica más apropiadas en las ZNI.
- ❖ Determinar los costos necesarios que permitan calcular el flujo de caja a partir del Software HOMER y así obtener los indicadores de factibilidad económica, valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR).
- ❖ Determinar la factibilidad económica de las diferentes tecnologías de generación eléctrica en las ZNI escogidas para cuatro escenarios que relacionen demanda y subsidio de energía.

2 CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 ZONAS NO INTERCONECTADAS EN COLOMBIA

Las zonas no interconectadas (ZNI), se definen en el artículo 1 de la Ley 855 de 2003, como aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al sistema interconectado nacional (SIN) el cual según la ley eléctrica está conformado por los siguientes elementos entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios.

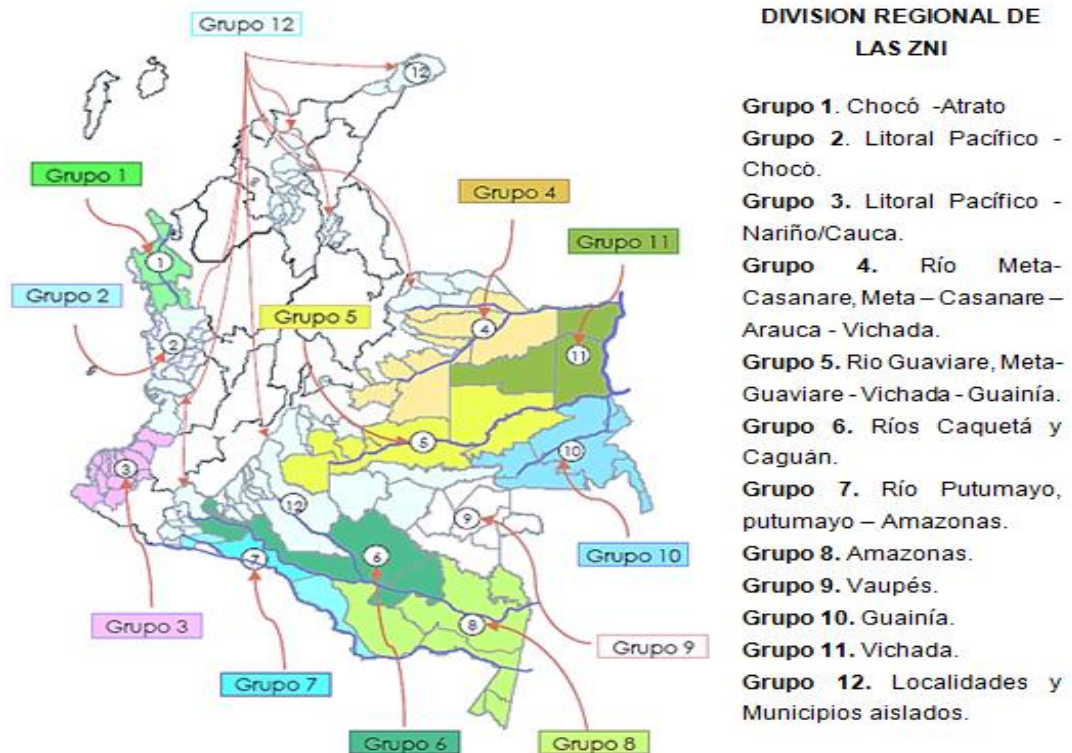
Las ZNI en Colombia alcanzan una extensión cercana al 66% del territorio nacional, incluyendo alrededor de 1.200 asentamientos humanos, ubicados en 16 departamentos en los cuales se tiene 4 capitales departamentales (Leticia, San José del Guaviare, Mitú, Puerto Carreño), 44 cabeceras municipales y 91 municipios en los cuales habitan cerca de 2 millones de personas [4]. Ver figura 1.

Las ZNI se caracterizan principalmente porque la mayoría de estos asentamientos son de naturaleza rural con baja densidad poblacional, la ubicación geográfica dificulta el acceso, están muy apartadas de los centros urbanos, lo que acarrea inseguridad debido a grupos violentos al margen de la ley. Estas características dificultan la distribución del servicio eléctrico a través del SIN, por lo cual se hace necesario que la prestación del servicio se genere directamente en cada zona; impidiendo el servicio permanente de energía eléctrica; supliendo las necesidades energéticas parcialmente (por unas horas al día o incluso servicio es nulo).

Por lo mencionado anteriormente la implican de los proyectos de energización en las ZNI elevan su costos, por esta razón las diferentes entidades gubernamentales plantearon alternativas para la solución de prestación de

servicio de la energía eléctrica. Para que estas tecnologías sean viables plantearon una serie de reglamentaciones (Anexo A).-

Figura 1. Mapa de las ZNI en Colombia



Fuente: Instituto de planeación y promoción de soluciones energéticas para las ZNI

2.2 TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

La energía eléctrica hace parte esencial de las actividades diarias de la vida humana y con el paso del tiempo se ha vuelto indispensable, de ahí la importancia de buscar nuevas formas para generarla de manera sostenible. Por esta razón en este trabajo se proponen tecnologías de energía renovable y su comparación con las tradicionales plantas de diesel, actualmente utilizadas para generar electricidad en las ZNI del país.

Las fuentes de energía renovables son aquellas que no provienen de fósiles, incluyen el viento (eólica), el sol, la energía almacenada como energía interna en

el aire (aerotérmica), debajo de la superficie de la tierra (geotérmica) y en el agua (hidrotérmica), la energía de los océanos, la hidráulica, la biomasa, los gases producidos en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales, y el biogás [5].

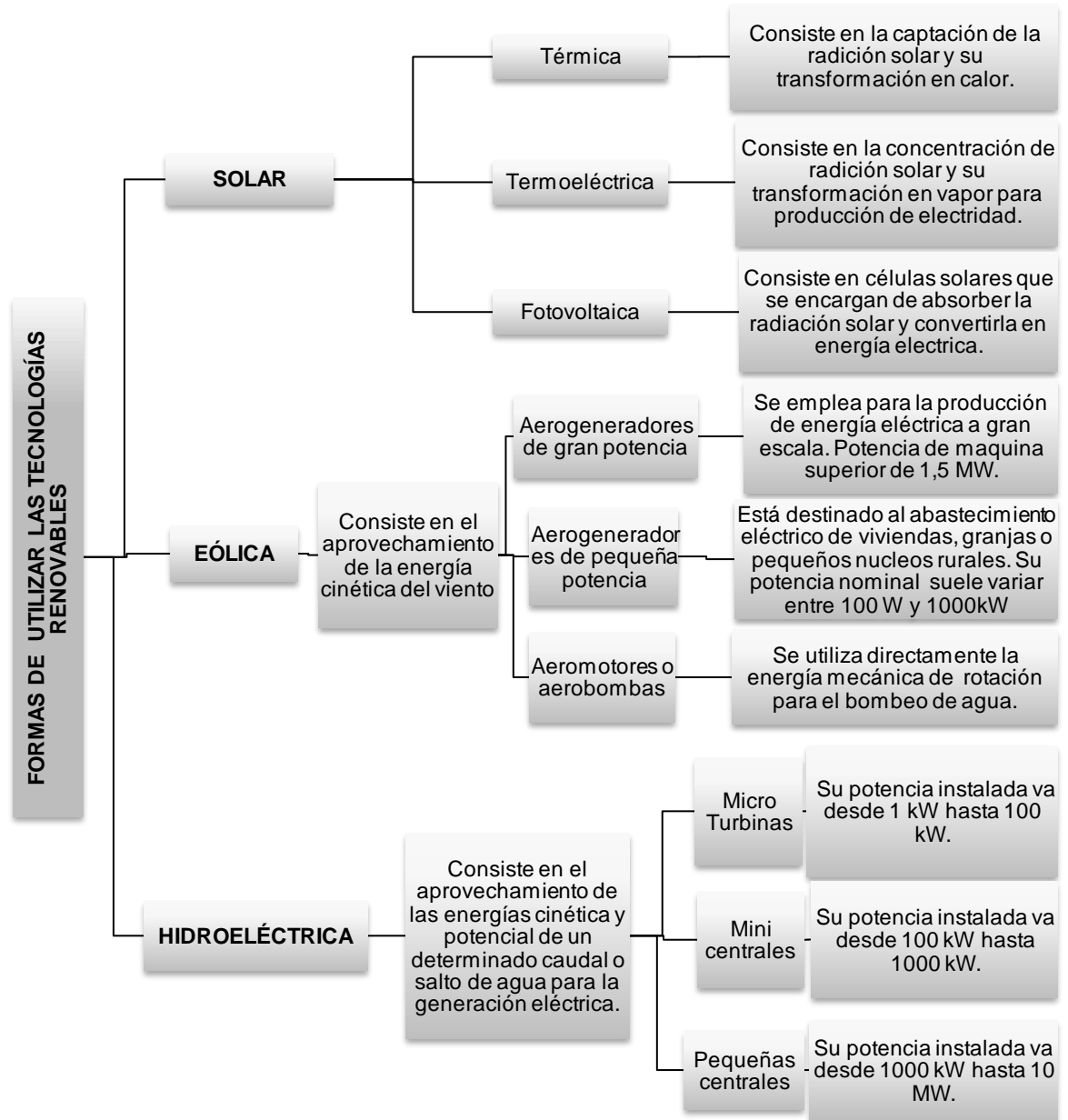
Adicionalmente, Colombia es un país con una amplia variedad de recursos renovables, contando con un potencial energético eólico promedio menor a 6 m/s, excepto en la Costa Caribe [6]; un buen potencial solar en todo el territorio con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m² [7]; una oferta hídrica generada en términos de rendimiento de 58 lt/s por km² [8] y la biomasa tiene mucho potencial por la gran capacidad para el aprovechamiento de residuos forestales y agrícolas que tiene el país, sobre todo en banano, cascarilla de arroz, pulpa de café y explotaciones silvícolas, el potencial energético de la biomasa está estimado en unos 16 GWh al año[9].

En Colombia no se ha realizado ningún proyecto geotérmico con propósitos de producción de energía eléctrica, no obstante se han efectuado estudios de prefactibilidad en el área del proyecto geotérmico binacional Chiles – Cerro Negro – Tufiño, en la frontera colombo-ecuatoriana y en el área del Macizo Volcánico del Ruiz [10].

En cuanto a la energía oceánica, Colombia cuenta con un potencial energético de 30 GW estimado para los 3 000 km de costas [11], pero solo cuenta con estudios de prefactibilidad. En la actualidad, Francia es el único país que utiliza con éxito generación mareomotriz [12].

Como resultado del potencial energético colombiano, y del poco estudio y desarrollo tecnológico para utilizar algunos de estos recursos; en el presente trabajo de investigación se preseleccionaron las siguientes tecnologías para ser analizadas: solar, eólica e hidroeléctrica. Ver figura 2.

Figura 2. Formas de utilizar las tecnologías renovables



Fuente: Información recolectada de Energía renovable en Aragón, 2008 y Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica, 2011.

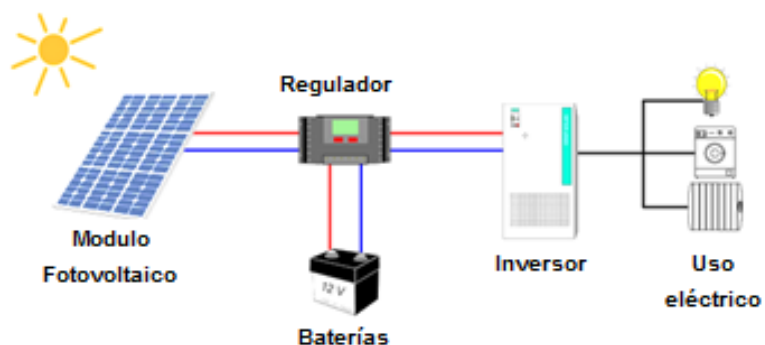
Nota: la generación eléctrica a partir de biomasa no será estudiada en esta tesis debido a la gran cantidad de recursos disponibles que posee Colombia y a las diferentes tecnologías existentes para la generación eléctrica, en consecuencia para un buen análisis de viabilidad económica se está realizando otro trabajo de grado exclusivo para este tema.

Las tecnologías con las que se van a trabajar son aquellas que sirven para generar energía eléctrica de forma directa y se puedan instalar en zonas aisladas, estas técnicas se explican a continuación.

2.2.1 Tecnología Solar- Fotovoltaica. La tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad (efecto fotoeléctrico). En el proceso se emplean dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, las cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se exponen a esta, circula corriente eléctrica entre las dos caras de la celda [13]. La cantidad de electricidad que puede producir una celda fotovoltaica es pequeña (alrededor de 3.4 W de corriente directa). Sin embargo, es posible interconectar varias celdas para lograr corrientes y voltajes requeridos para una aplicación dada [14].

Un sistema fotovoltaico para zonas aisladas está conformado por paneles fotovoltaicos, baterías, regulador de carga e inversores. Las baterías almacenan la electricidad generada por los paneles para poder utilizarla, los reguladores de carga controlan el proceso de carga y descarga de la batería y por último los inversores transforman la corriente continua en alterna, que es la que se usa de forma habitual en nuestros hogares [15]. Ver figura 3.

Figura 3.Partes de un sistema fotovoltaico



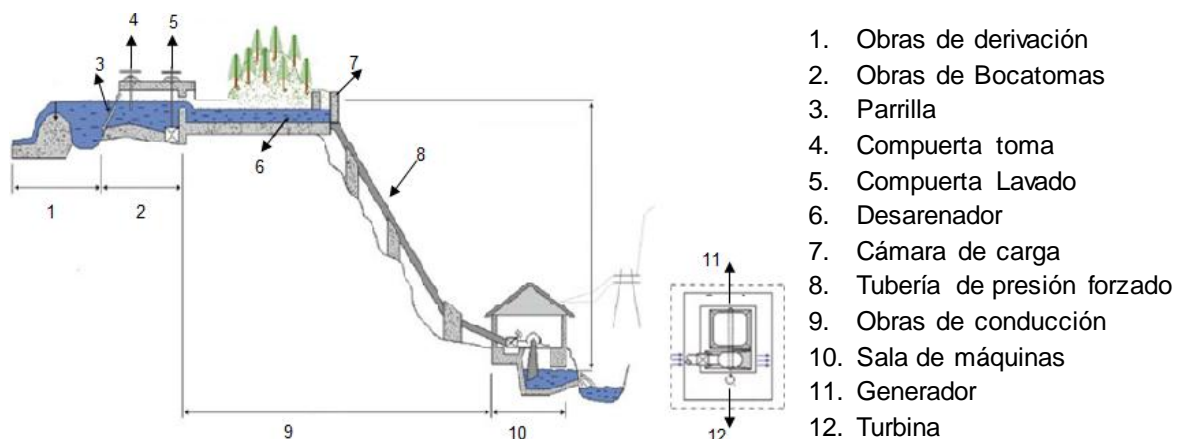
Fuente: Empresa Cenitsolar. Fotovoltaica Aislada, esquema de Principio.

2.2.2 Tecnología hidroeléctrica-Pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH).

La energía hidroeléctrica consiste en el aprovechamiento de las energías cinética y potencial de un determinado caudal o salto de agua para la generación eléctrica. Dicho aprovechamiento proporciona una energía eléctrica barata, limpia y fiable. El impacto medioambiental de las PCH es minúsculo, si se busca su integración con el entorno, en contraposición con las grandes centrales hidroeléctricas que sí necesitan de grandes obras hidráulicas [16].

Las PCH contribuyen al desarrollo sostenible debido a su factibilidad económica, respeto al medio ambiente y su conveniencia para la producción y desarrollo en zonas aisladas [17]. En la figura 4 se puede ver con esta conformado una PCH. Ver características en el Anexo B.

Figura 4. Esquema transversal de un sistema hidroeléctrico a filo de agua



Fuente: Fortalecimiento De La Capacidad En Energía Renovable Para America Central, 2002.

Las PCH a su vez se subdividen en pico, micro, mini y pequeña generación, y aunque los rangos pueden variar según el país y la organización ya que no se ha establecido un criterio único para la subdivisión, en Colombia los intervalos establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) [18] es la siguiente (tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de PCH, según CREG

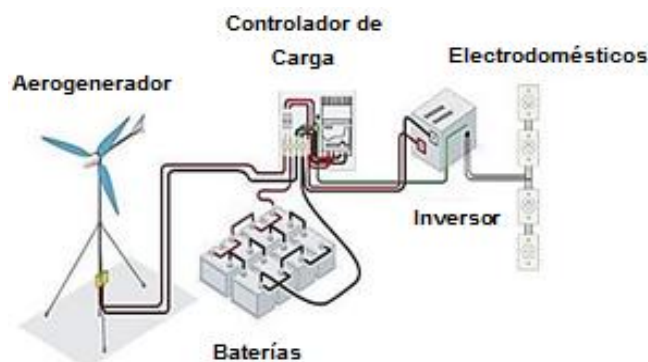
TIPOS	POTENCIA (MW)
Micro centrales	Menores a 0,1
Mini centrales	0,1-1
Pequeñas centrales	1-10

Fuente: SIERRA VARGAS, Fabio Emiro; SIERRA ALARCON, Adriana Fernanda y GUERRERO FAJARDO, Carlos Alberto.2011

2.2.3 Tecnología Eólica-Pequeños Aerogeneradores. Las turbinas eólicas (aerogeneradores) aprovechan mecánicamente la energía contenida en el viento. En general, son máquinas rotativas de diferentes tipos tamaños y conceptos, en los que el dispositivo de captación (rotor) está unido a un eje [19]. Dependiendo del número de palas de los rotores estos se clasifican en rotores multipala (o rotores lentos) y en rotores tipo hélice (o rotores rápidos) [20].

Es de destacar que los aerogeneradores pequeños, cuya potencia nominal suele variar entre 100 W y 100 kW, están destinados al abastecimiento eléctrico de viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales aislados de la red de suministro eléctrico [21], lo que los hace aptos para las ZNI seleccionada en este estudio. Todo el sistema eólico está constituido de la siguiente manera (figura 5).

Figura 5. Partes de un sistema eólico.



Fuente: Empresa Ecofener.

2.3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

La evaluación económica estudia y mide el aporte neto de un programa o de un proyecto al bienestar nacional teniendo en cuenta el objetivo de eficiencia [22].

El concepto de evaluación consiste en comparar los beneficios y los costos del proyecto, con miras de determinar si el cociente que expresa la relación entre unos y otros presenta o no ventajas mayores, que las que se obtendrían con proyectos distintos, igualmente viables [23].

Esta evaluación económica cuenta con las siguientes características: primero un flujo de caja con valores de los recursos reales del proyecto y segundo los parámetros de selección que son usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto que son el valor actual neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

El flujo de caja es una parte importante para realizar el análisis de viabilidad económica, en la figura 6 se puede observar cómo está conformado.

Figura 6. Flujo de caja



Fuente: Dirección Nacional de Planeación, 2013.

Para calcular el rendimiento de la inversión que se realiza, se centran en los flujos de caja finales que generará nuestro proyecto en cada periodo y la tasa de descuento que genera.

El VPN logra traer al periodo presente los flujos de caja futuros o esperados, es neto puesto que se le resta la inversión inicial para que finalmente solo se tenga la ganancia del proyecto [24]. Su representación matemáticamente se puede observar en la ecuación 1.

Donde:

$$VPN = -INV + S \frac{B_t}{(1 + cok)^t} \quad \text{Ecuación 1}$$

INV: es la inversión.

B_t: son los beneficios netos (ingresos menos egresos de efectivo).

Cok: es la tasa de descuento adecuada.

Por otro lado, la TIR es, matemáticamente, la tasa de descuento que hace el VPN igual a 0, ver ecuación 2. Esto significa que es la tasa de rentabilidad promedio anual que el proyecto paga a los inversionistas por invertir sus fondos. Esa tasa de rentabilidad, se debe comparar contra lo que se deseaba ganar como mínimo [24].

$$VPN = -INV + S \frac{B_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

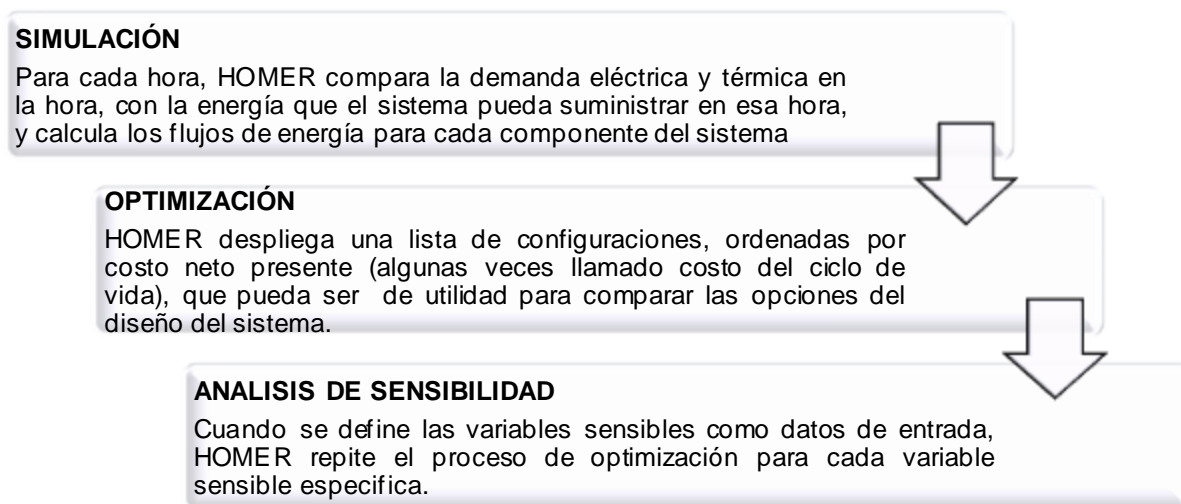
Para poder tomar una decisión según el criterio de rentabilidad o conveniencia económica el VPN es mejor criterio que la TIR porque supone una tasa de reinversión más adecuada. Mientras la tasa de reinversión del VPN es el costo de oportunidad; en la TIR, ésta es la misma TIR. Para que quede más claro La tasa de reinversión es aquella tasa en la que se colocan los beneficios recibidos en el proyecto [25].

2.4 SOFTWARE DE SIMULACIÓN HOMER

HOMER es una herramienta de diseño micro-energético fácil de usar que fue desarrollada en 1992 por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables en los Estados Unidos de Norte America, HOMER optimiza desde el punto de vista económico y técnico la mejor opción de sistema de electrificación, necesario para satisfacer una carga demandada [26].

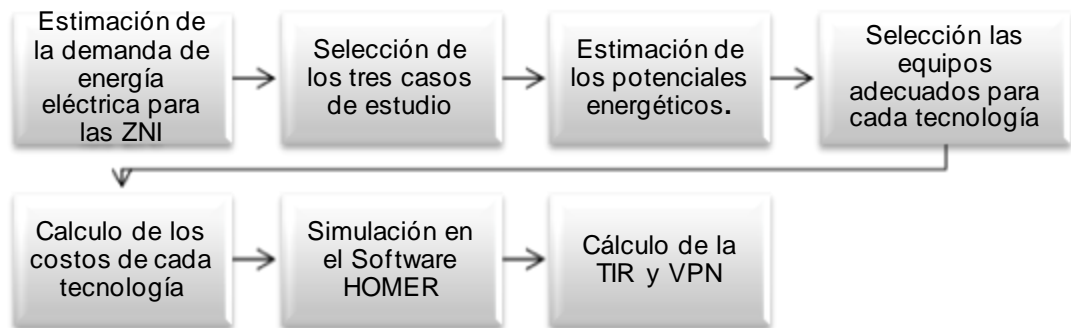
Considera diversas opciones tecnológicas, tanto energías convencionales como renovables, como pueden ser: solar, eólica, mini-hidráulica, biomasa y generadores diesel. Permite a su vez hacer comparaciones con la extensión de la red y toma en cuenta la incertidumbre de algunas variables como: costos de la tecnología, disponibilidad del recurso y otras variables [27]. Como característica principal de HOMER se identifica que es una herramienta útil para determinar el menor costo de la energía generada a las comunidades remotas [28]. HOMER asume la curva de costo lineal es decir, que el costo y el tamaño del generador están relacionados linealmente. En la figura 7 se muestra el funcionamiento de HOMER.

Figura 7. Funcionamiento de HOMER



Fuente: Información extraída del documento National Renewable Energy Laboratory, 2003.

3 METODOLOGÍA



3.1 ESTIMACIÓN DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LAS ZNI

Para el cálculo de la demanda energética, se requiere conocer el número de viviendas sin suministro de energía por municipio o corregimientos, que forman parte de las ZNI y la cantidad de energía eléctrica requerida por vivienda.

La demanda energética por vivienda fue calculada para dos escenarios, el primero buscaba estimar la máxima energía eléctrica requerida (consumo promedio por kW/ mes) para proveer un servicio eléctrico en las ZNI, equivalente al que se brinda en las SIN y segundo escenario planteaba estimar la mínima energía eléctrica requerida para suplir las necesidades básicas de una vivienda según lo estipula la CREG: luminarias (bombillos), refrigerador, licuadora y televisor o en su defecto un radio.

Para estimar el consumo máximo se incluyeron; además de las necesidades básicas para lograr un suministro mínimo de energía eléctrica; una plancha, un ventilador, un calentador de agua y una lavadora (Ver tabla 2).

Estos consumos se estimaron a partir de los datos del estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia [29] donde se determinó el consumo promedio de energía eléctrica en kW/ mes-hogar para las ciudades de Bogotá, Medellín, Pasto y Barranquilla entre los estratos 1,2 y 3. Ver anexo C.

Consecutivamente, se calculó el consumo promedio total entre las ciudades, obteniéndose un consumo máximo de energía promedio de 147,15 kWh/mes-hogar y un 87,2 kWh/mes-hogar como consumo mínimo de energía promedio. Con los datos obtenidos y con el número de hogares sin servicio de electricidad de los municipios de las ZNI suministrado por la UPME [30] se estimó la demanda energética mensual máxima y mínima requerida para dichos municipios. Ver anexo C.

Tabla 2. Demandas energéticas mínimas y máximas

ELECTRODOMESTICOS	CONSUMO ENERGETICO MÍNIMO [kWh/mes-hogar]	CONSUMO ENERGÉTICO MÍNIMO [kWh/mes-hogar]
Luminarias	30,08	30,08
Televisor	8,65	8,65
Refrigeración	47,03	47,03
Plancha	-	9,2
Licuadaora	1,45	1,45
Lavadora	-	8,6
Calentador de agua	-	31,48
Ventilador	-	10,68
TOTAL	87,2	147,15

3.2 SELECCIÓN DE LOS TRES CASOS DE ESTUDIO

Para la selección de los tres casos de estudio se escogieron los departamentos con la mayor demanda energética, de la estimada en la fase anterior. Ver tabla 3.

Tabla 3. Consumo energético mensual por departamento de las ZNI

DEPARTAMENTO	CONSUMO TOTAL MÍNIMO kWh/mes	CONSUMO TOTAL MÁXIMO kWh/mes
Amazonas	233.870	394.656
Caquetá	1.120.653	1.891.102
Casanare	45.494	96.236
Chocó	1.530.443	2.434.155
Guainía	270.226	397.452
Guaviare	202.190	824.629
Meta	860.611	1.420.066
Putumayo	1.020.839	1.372.468
Vaupés	219.920	297.684
Vichada	367.181	502.223

Como se observa en la tabla 4, los departamentos con mayor consumo energético mensual son: Chocó, Caquetá, Meta y Putumayo. No obstante, el departamento del Caquetá fue descartado debido a la diversidad de conflictos armados de la zona y a la presencia de parques naturales protegidos, ya que podrían ser una barrera al momento de instalar sistemas de FNCE-R en la zona.

Adicionalmente, para la selección de los municipios (casos de estudio) se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Que no formen parte de una reserva indígena o reserva forestal.
- Que no tengan problemas de conflicto armado.
- Gran población beneficiada
- Gran demanda energética

Analizando las condiciones por cada departamento fueron escogidos los siguientes municipios, ver tabla 3:

Tabla 4. Características de los municipios seleccionados

MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
Riosucio	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento: ubicado al norte del departamento del Chocó. • Ríos: La cabecera municipal está situada sobre la margen derecha del río Atrato. • La temperatura ambiental promedio: 28 °C • Déficit de cobertura de energía eléctrico en la zona rural: 47,30% • Número de viviendas sin servicio eléctrico: 2,591
Puerto Concordia	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento: ubicado en el sur del departamento del Meta • La temperatura media: varía entre 24° C y 27°C • Déficit de cobertura de energía eléctrico en la zona rural: 67,11%. • Número de viviendas sin servicio eléctrico: 1,878
Valle de Guamuez	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento: ubicado al sur occidente del departamento del Putumayo • Río principal: Hormiga • La temperatura media: oscila entre 27°C y 40°C • Déficit de cobertura de energía eléctrico en la zona rural: 35,60 % • Número de viviendas sin servicio eléctrico: 3,325

3.3 ESTIMACIÓN DE LOS POTENCIALES ENERGÉTICOS

Para los municipios seleccionados, los potenciales eólico y solar se estimaron a partir de datos mensuales de radiación solar y velocidad de viento (medida aproximadamente a 10m de altura) de los atlas de radiación solar del año 2005 y el atlas de vientos y energía eólica del año 2006 para Colombia, realizados por UPME y el IDEAM. El potencial del recurso hídrico se estimó a partir de los datos de los caudales de los ríos del documento: estudio nacional de agua del 2001 realizado por el MME y la UPME. En la tabla 5 se muestran los potenciales mensuales promedio estimados.

Tabla 5. Potenciales energéticos para los tres casos de estudio.

MES	POTENCIAL SOLAR [kWh/m ² - día]			POTENCIAL EÓLICO [m/s]			POTENCIAL HÍDRICO [mmc/s]	
	Riosucio	Puerto Concordia	Valle de Guamuez	Riosucio	Puerto Concordia	Valle de Guamuez	Riosucio (Río Atrato)	Valle de Guamuez (Quebrada Hormiga)
Enero	4,430	5,290	2,760	2,970	2,500	1,74	0,8078	0,00021
Febrero	4,290	4,250	2,180	2,780	2,690	1,66	0,8078	0,00019
Marzo	4,080	3,580	1,820	2,580	2,660	1,67	0,8078	0,00019
Abril	2,980	2,950	2,090	2,060	2,600	1,73	0,8078	0,00021
Mayo	2,540	3,040	2,290	2,080	2,750	1,98	0,8078	0,00023
Junio	2,420	2,900	2,200	2,280	3,260	2,44	0,8078	0,00027
Julio	2,850	3,060	2,170	2,310	3,310	2,54	0,8078	0,00032
Agosto	2,520	3,470	2,230	2,440	3,050	2,45	0,8078	0,00032
Septiembre	2,290	3,760	2,570	2,610	2,760	2,24	0,8078	0,00031
Octubre	2,480	3,550	2,920	2,610	2,330	2,00	0,8078	0,00028
Noviembre	2,840	3,810	2,930	2,780	2,280	1,90	0,8078	0,00025
Diciembre	3,530	4,630	2,860	2,940	2,420	1,90	0,8078	0,00023

Fuente: Información obtenida de: Atlas de radiación solar (2005), Atlas de viento y energía eólica (2006) y Estudio Nacional de agua (2001). Nota: (mmc/s)= millones de metros cúbicos por segundo.

Las tecnologías que se evaluaron para cada municipio son las siguientes:

- Riosucio: solar e hídrica,
- Puerto Concordía: solar y eólica
- Valle de Guamuez: solar e hídrica

3.4 SELECCIÓN LOS EQUIPOS ADECUADOS PARA CADA TECNOLOGÍA

La selección de los equipos necesarios para el funcionamiento de cada tecnología se realizó a partir de información sobre proyectos desarrollados por instituciones del estado en las ZNI, IPSE, CREG y UPME, además de la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente (CORPOEMA).

Se escogieron los equipos con mayores eficiencias para los potenciales encontrados y los aparatos más utilizados en el mercado. Las especificaciones se encuentran en el tabla 6.

Tabla 6. Especificaciones de los equipos utilizados

SISTEMA FOTOVOLTAICO		
Equipos	Cantidad	Unidad
Módulos solares	150	Wp
Regulador de Carga	15	A
Banco de Baterías Trojan L16P	360	A
Inversor- Onda sinusoidal modificada	360	Wcont

SISTEMA EÓLICO		
Equipos	Cantidad	Unidad
Aerogenerador Bornay Inclín 6000 W	6000	W
Regulador de carga	48	V
Banco de baterías(Trojan L16P)	360	A
Inversor- Onda sinusoidal	500	W

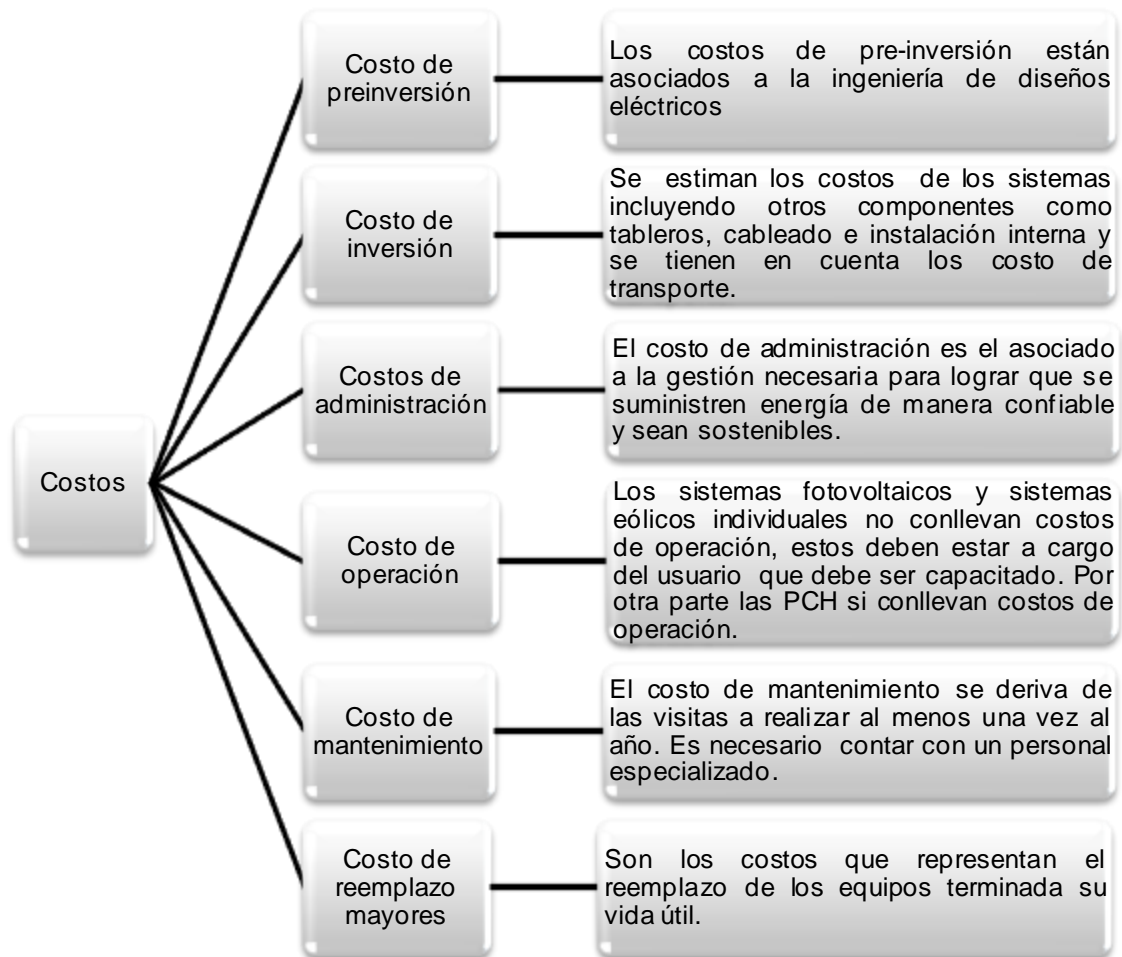
SISTEMAS HIDROELÉCTRICOS		
Equipos	Cantidad	Unidad
Turbina tipo Michell Banki Modelo R313	60	kW

Nota: los equipos utilizados fueron los mismos para las dos demandas energéticas, excepto en los sistemas solares para una demanda mínima, siendo necesario cambiar las baterías iniciales (de mayor tamaño) por otras de *Vision* 6FM 200 con una capacidad nominal 200 Ah y un voltaje de 12 V. La cantidad de equipos utilizados por tecnología se encuentra descrita en el anexo D.

3.5 CALCULO DE LOS COSTOS DE TECNOLOGÍAS

Los costos fueron calculados de acuerdo a los requeridos para realizar la simulación en software HOMER. Los costos tenidos en cuenta para las tecnologías solar, hídrica y eólica, se pueden observar en la figura 8.

Figura 8. Costos necesarios para implementar las tecnologías



Nota: Los costos de los repuestos no fueron incluidos porque dependen de los que se requieran en dado caso.

El detalle de los valores de costos se encuentran descritos en el anexo E.

3.6 SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE HOMER

En la parte inicial de esta etapa fue necesario definir el número de hogares a los cuales se les suministraría energía eléctrica a partir de una planta por tipo de FNCE-R; esto es consecuencia de que en las ZNI seleccionadas la población se encuentra dispersa. Por esta razón se tomó como referencia la cantidad de energía que abastece una PCH de 60kW (micro central) para poder realizar una comparación entre tecnologías. Con esta potencia se encontró que puede abastecer la siguiente demanda de trabajo máxima que se estimó para 100 hogares y la demanda de trabajo mínima para 750 hogares.

Para la simulación en el software HOMER fueron necesarios los siguientes datos de entrada:

- Demanda energética a proveer para cada hora del día (anexo C).
- Potencial de recursos renovables para cada FNCE-R: radiación solar mensual kWh/m²/día, velocidad del viento mensual en m/s, y caudal hídrico mensuale en l/s.
- Costos por tecnología identificando: costos por equipos, costos capitales, costos de operación y mantenimiento.
- Tiempo de vida útil del proyecto: 10 años.

Al hacer la simulación y optimizar la configuración de la tecnología solar, el software muestra la cantidad de energía generada por los paneles, la cantidad de baterías necesarias para almacenar la energía, la cantidad de energía convertida por tipo de corriente (directa para convertirla en alterna), y el costo de generación por kW.

Al hacer la simulación y optimizar la configuración de la tecnología eólica, el software muestra la cantidad de aerogeneradores necesarios para suplir la demanda de energía, la cantidad de baterías necesarias para almacenar la

energía, la cantidad de energía convertida por tipo de corriente (directa para convertirla en alterna) y el costo de generación por kW

Al hacer la simulación y optimizar la configuración de la tecnología de PCH, el software muestra la cantidad energía generada por las turbinas, la cantidad de energía convertida por tipo de corriente (alterna) y el costo de generación por kW.

Finalmente, el software muestra como resultado los costos del flujo de caja optimizado y el precio de venta de la energía eléctrica del para el tiempo de vida útil del proyecto (anexo F).

3.7 CALCULO DE LA TIR Y EL VPN

En esta etapa se calcularon los valores de la TIR y el VPN, mediante la herramienta Excel (anexo G), para cuatro escenarios a saber:

- ❖ Demanda máxima-sin subsidio: se usó la demanda de energía eléctrica máxima y el valor de venta del kWh calculado por el software HOMER.
- ❖ Demanda mínima-sin subsidio: se usó la demanda de energía eléctrica mínima y el valor de venta del kWh calculado por el software HOMER.
- ❖ Demanda máxima-con subsidio: se usó la demanda de energía eléctrica máxima y un subsidio sobre el valor para la venta del kWh (propuesto por el estado para las ZNI).
- ❖ Demanda mínima-con subsidio: se usó la demanda de energía eléctrica mínima y un subsidio sobre el valor para la venta del kWh (propuesto por el estado para las ZNI).

El valor de venta del kWh calculado por el software HOMER se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 7. Costo de la energía según HOMER para una demanda mínima

DEMANDA MINIMA	COSTO DE GENERACIÓN USD/kW		
	SOLAR	EÓLICA	PCH'S
PUERTO CONCORDIA	0,695	2,332	
RIOSUCIO	0,695		0,827
GUAMUEZ	0,733		0,827

Tabla 8. Costo de la energía según HOMER para una demanda máxima

MUNICIPIOS	COSTO DE GENERACIÓN USD/Kw		
	SOLAR	EÓLICA	PCH'S
PUERTO CONCORDIA	0,563	1,891	-
RIOSUCIO	0,595	-	0,819
VALLE DE GUAMUEZ	0,51	-	0,819

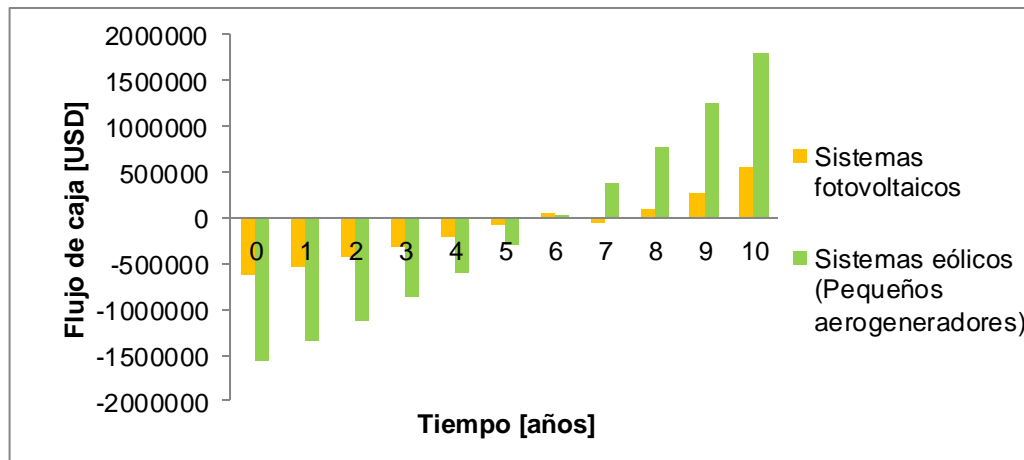
4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

las gráficas fueron obtenidas con los datos del anexo H. Los resultados obtenidos para cada uno de los municipios de estudio, se analizan a partir de los cuatro escenarios propuestos:

4.1 Escenario 1: Demanda máxima- sin subsidio

En la figura 9 se muestra el flujo de caja para el municipio de Puerto Concordia, en ella se observa que la tecnología eólica comienza a tener utilidad a partir del séptimo año, alcanzando un máximo de USD (dólares americanos) 1'789.552,05. En contraste la tecnología solar fotovoltaica exhibe resultados positivos a partir del octavo año siendo muy inferior que la tecnología eólica, alcanzando al cabo de 10 años un valor de USD 547.499,90. Esto sucede debido a que el precio de venta de la energía eléctrica (kW) de los sistemas eólicos con pequeños aerogeneradores es 3,35 veces mayor que en los sistemas fotovoltaicos.

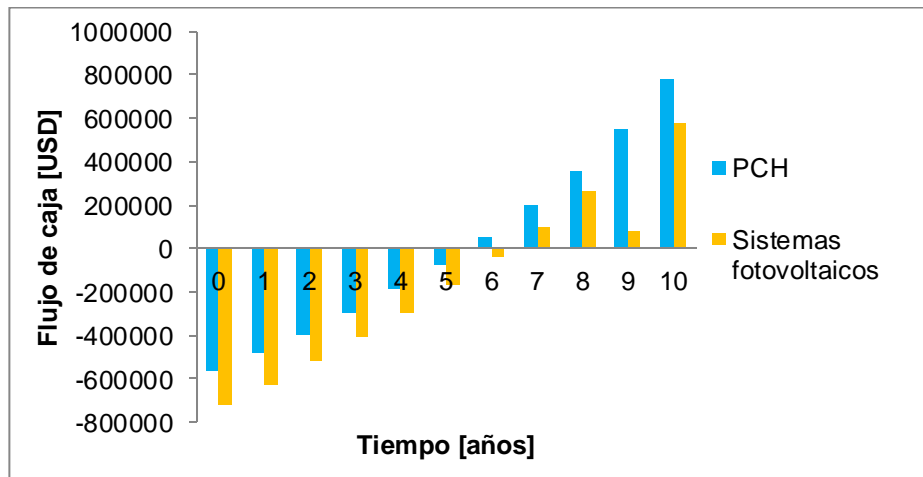
Figura 9. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda máxima sin subsidio)



El flujo de caja para el municipio de Riosucio se muestra en la figura 10. En ella se observa que las PCH comienzan a tener una utilidad a partir del sexto año, mientras que la tecnología solar fotovoltaica comienza a partir del séptimo año. Apreciándose que transcurridos diez años, las PCH presentan mayor beneficio

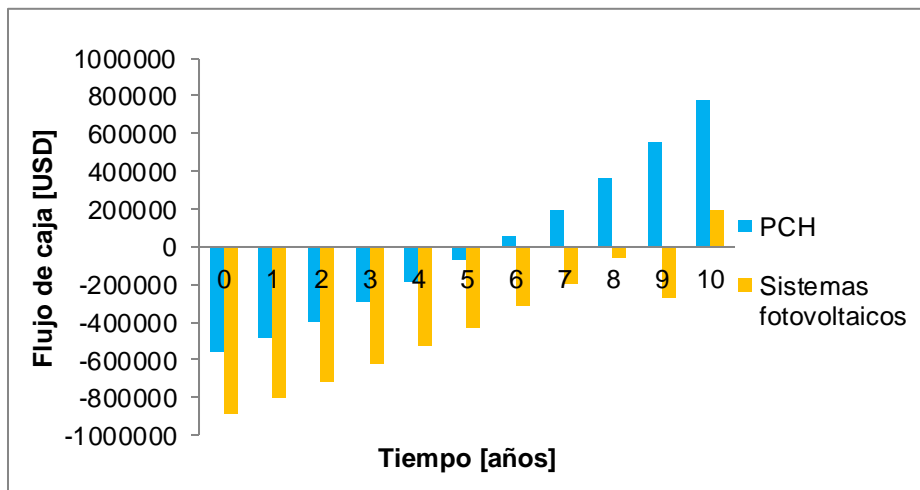
económico con un monto superior de USD 198.991,26 con respecto a la tecnología solar. Esto es consecuencia que los costos de venta del kW en las PCH es un poco más elevado que en los sistemas fotovoltaicos. También es importante resaltar que las PCH en Riosucio tienen un amplio potencial de recursos debido a la presencia del río Atrato, aventajando al recurso solar que tan solo es de 3,1 en promedio.

Figura 10. Flujo de Caja para Riosucio (demanda máxima sin subsidio)



En lo que respecta al flujo de caja para el municipio de Valle de Guamuez, en la figura 10, se observa que la tecnología solar comienza a generar utilidad en el último año mientras que las PCH se recupera a partir del sexto, obteniendo al final una recuperación de USD 777.278,958, lo cual representa 3,94 veces el valor de la tecnología solar. Esto era de esperarse ya que los costos de los equipos de la tecnología solar fotovoltaica son muy altos debido a que el recurso solar en Valle de Guamuez es de tan solo 2,42 en promedio, requiriéndose mayor inversión que para las PCH.

Figura 11.Flujo de Caja para Valle de Guamez (demanda máxima sin subsidio)



Partiendo del hecho que los valores de la TIR son muy similares excepto para Valle de Guamez, la forma para decidir que opción es más atractiva para los inversionistas es el VPN (VPN alto), ya que este indicador muestra con exactitud cual proyecto es más viable, con esto se puede indicar que la mejor opción en términos económico en Puerto Concordia es la tecnología eólica; y en Riosucio y Valle de Guamez las PCH. (Ver tabla 9.)

Tabla 9.Valores del VPN Y TIR de la demanda máxima sin subsidio

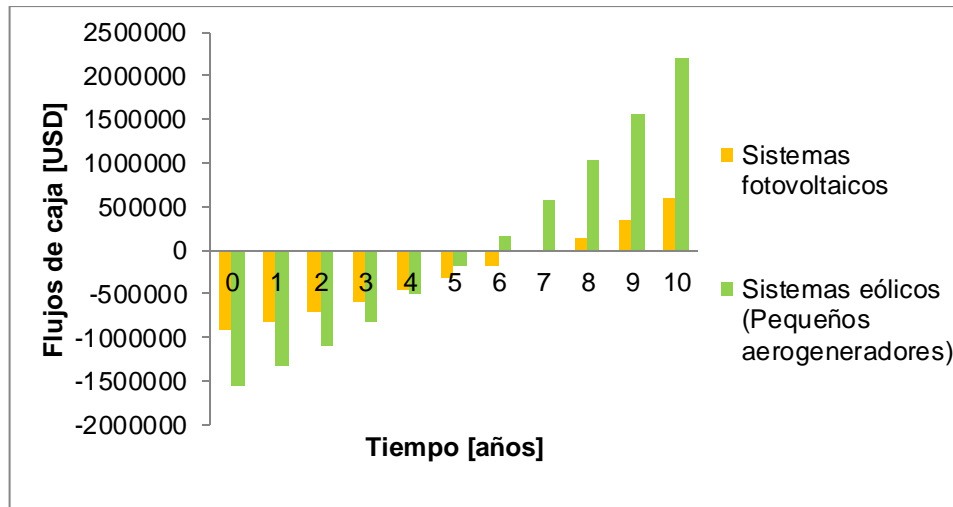
MUNICIPIOS	INDICADORES ECONOMICOS	TECNOLOGIA		
		SOLAR	EÓLICA	PCH
PUERTO CONCORDIA	TIR	11,60%	14,10%	-
	VPN	156689,63	652292,18	-
RIOSUCIO	TIR	10,80%	-	16%
	VPN	146315,88	-	317711,68
VALLE DE GUAMEZ	TIR	3,34%	-	16%
	VPN	-164200,37	-	317711,68

4.2 Escenario 2: Demanda mínima sin subsidio

Como se observa en la figura 12, en Puerto Concordia la tecnología eólica presenta una ganancia de 3,76 veces mayor a la tecnología solar; mostrando una

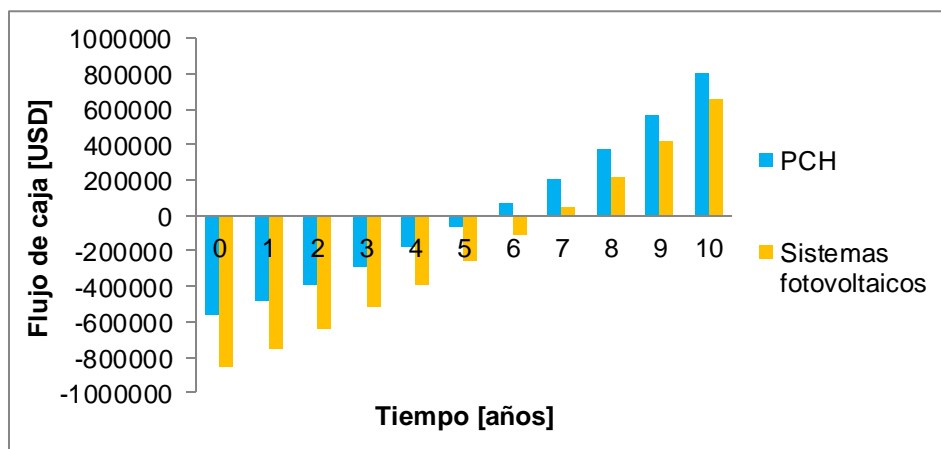
recuperación de la inversión en el sexto año. En el décimo año la tecnología eólica presenta una ganancia de USD 1620289,064 por encima de los sistemas fotovoltaicos. Al igual de la demanda máxima el costo de venta del kW en la energía eólica es 3,35 veces mayor a la solar.

Figura 12. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda mínima sin subsidio)



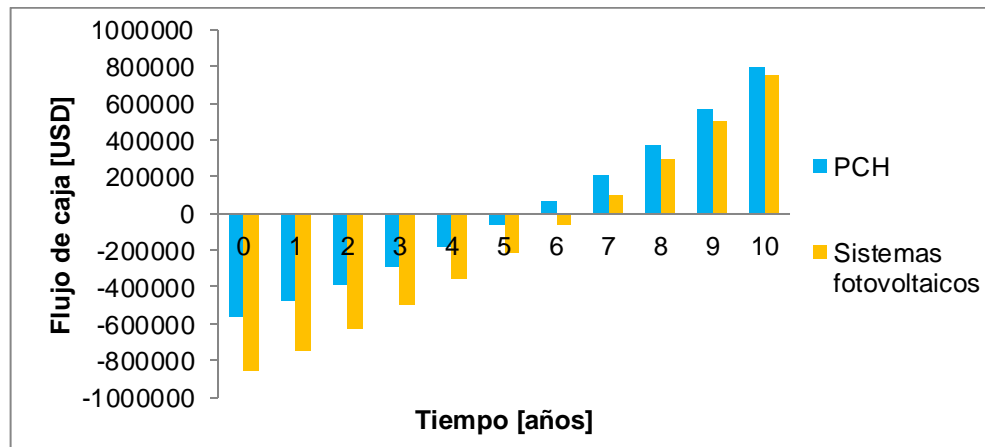
Como se observa en la figura 13, al igual que en el escenario 1, las PCH son para Riosucio las tecnologías con mayor utilidad, mostrando una recuperación de la inversión en el sexto año, es decir que supera en un año tecnología solar fotovoltaica. Las PCH presentan una ganancia al décimo año superior de USD 143119,5 debido a que su precio de venta de energía es 1,2 veces mayor que la solar.

Figura 13. Flujo de Caja para Riosucio (demanda mínima sin subsidio)



Como se observa en la figura 14, en el municipio de Valle de Guamuez, las tecnologías de PCH comienzan a tener rentabilidad en el sexto año, aventajando a la tecnología solar fotovoltaica en un año y mostrando muy poca diferencia al décimo año de tan solo USD 44743,35.

Figura 14 .Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda mínima sin subsidio)



Como es de notar en el escenario 2, con una demanda mínima sin subsidio, mejora el panorama para la tecnología solar fotovoltaica, pero no alcanza para superar la utilidad generada por las tecnologías eólicas y PCH.

A partir de los valores de la TIR y el VPN (tabla10), se puede indicar que para Puerto Concordia la tecnología eólica es la más rentable, ya que su VPN es casi 10 veces mayor al de la tecnología solar, sin embargo para Riosucio y Valle de Guamuez la mejor opción son las PCH.

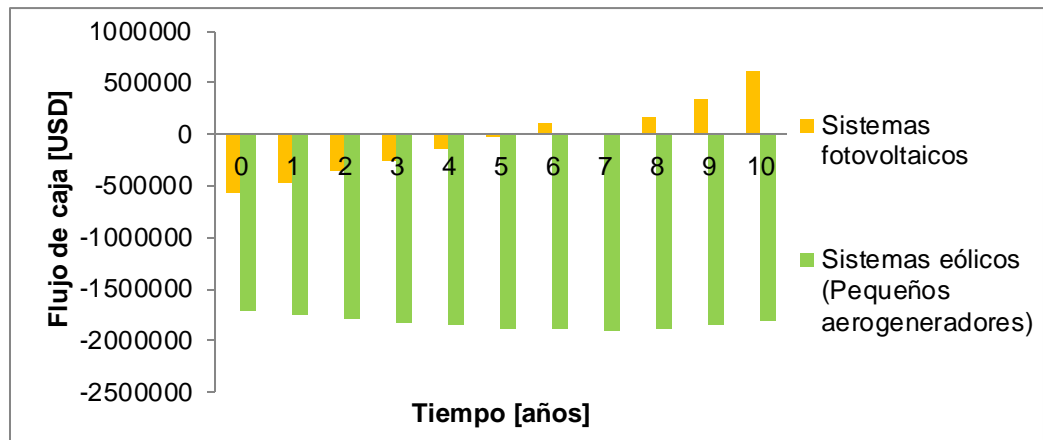
Tabla 10. Valor del VPN y la TIR para una demanda mínima sin subsidio

MUNICIPIOS	INDICADORES ECONOMICOS	TECNOLOGÍA		
		SOLAR	EÓLICA	PCH'S
PUERTO CONCORDIA	TIR	9%	16,40%	-
	VPN	83537,11	915507,5	-
RIOSUCIO	TIR	10,30%	-	16,50%
	VPN	152537,11	-	333206,46
VALLE DE GUAMUEZ	TIR	10,20%	-	16,50%
	VPN	156811,36	-	333206,46

4.3 Escenario 3: Demanda máxima- con subsidio

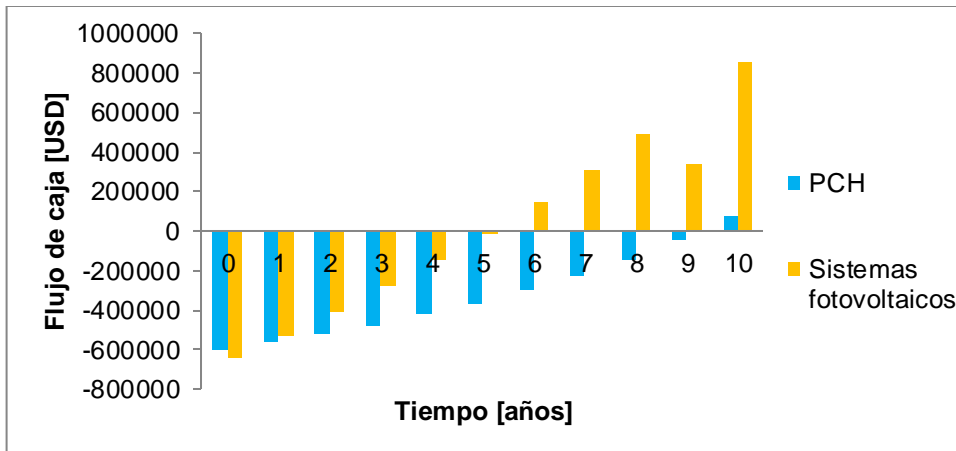
Como se observa en la figura 15, en Puerto Concordia la tecnología eólica exhibe una pérdida constante en los diez años de estudio, mientras que la tecnología solar fotovoltaica a la misma fecha muestra una ganancia de USD 621.349,535. Ya que el precio de venta de la energía eléctrica subsidiada es un valor inferior, al valor al cual se debería vender (precio software HOMER) la energía producida por la tecnología eólica (Pequeños aerogeneradores), lo cual no la hace viable.

Figura 15. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda máxima con subsidio)



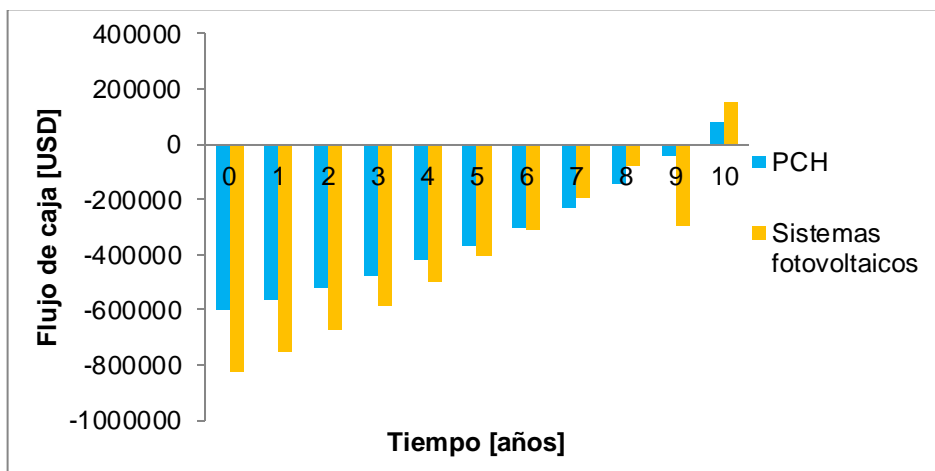
Como se observa en la figura 16, en el municipio de Riosucio la tecnología de mayor utilidad en los diez años es la solar fotovoltaica, con un valor de USD 858.388,327, por otra parte las PCH solo recuperan su inversión hasta el último año. Esto es debido a que el costo de generación de energía eléctrica a partir del recurso hídrico es más caro ya que los costos de operación y mantenimientos son más altos.

Figura 16. Flujo de Caja para Riosucio (demanda máxima con subsidio)



Con relación al municipio de Valle de Guamez, en la figura 17 se observa que ante el escenario 3, ninguna de las tecnologías es rentable ya que las dos recuperan su inversión hasta el último año y la ganancia final no justifica la inversión realizada, porque el precio de venta de la energía eléctrica para las dos tecnologías es inferior a al mostrado por el software, haciendo que se recupere en mayor tiempo que en el escenario 1.

Figura 17. Flujo de Caja para Valle de Guamez (demanda máxima con subsidio)



Como se observa en la tabla 11 el panorama para las tecnologías solar fotovoltaica en Puerto Concordia y Riosucio cambia con relación a los escenarios anteriores, ya que su VPN aumenta, volviéndose atractivo para los inversionistas,

sin embargo para el municipio de Valle de Guamuez ninguna de las tecnologías es viable económicamente, ya que presentan un VPN negativo.

Es de anotar que la TIR cambia a gran escala a comparación de los otros escenarios para la tecnología eólica y las PCH, no siendo atractivas para los inversionistas.

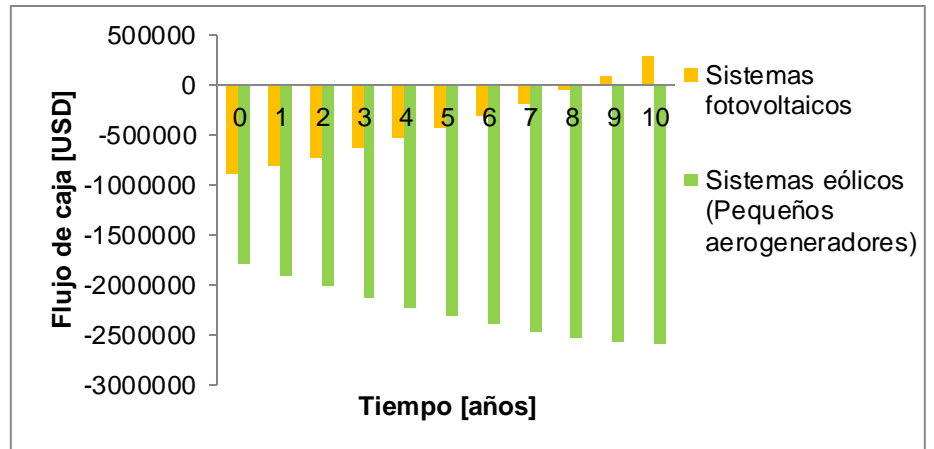
Tabla 11. Valor de la VPN y la TIR de la demanda máxima con subsidio

MUNICIPIOS	INDICADORES ECONOMICOS	TECNOLOGIA		
		SOLAR	EÓLICA	PCH'S
PUERTO CONCORDIA	TIR	14,30%	-29%	-
	VPN	229168,41	-1813492,25	-
RIOSUCIO	TIR	16,80%	-	1,95%
	VPN	361883,71	-	-157508,71
VALLE DE GUAMUEZ	TIR	2,85%	-	1,95%
	VPN	-171703,9	-	-157508,71

4.4 Escenario 4: Demanda mínima con subsidio

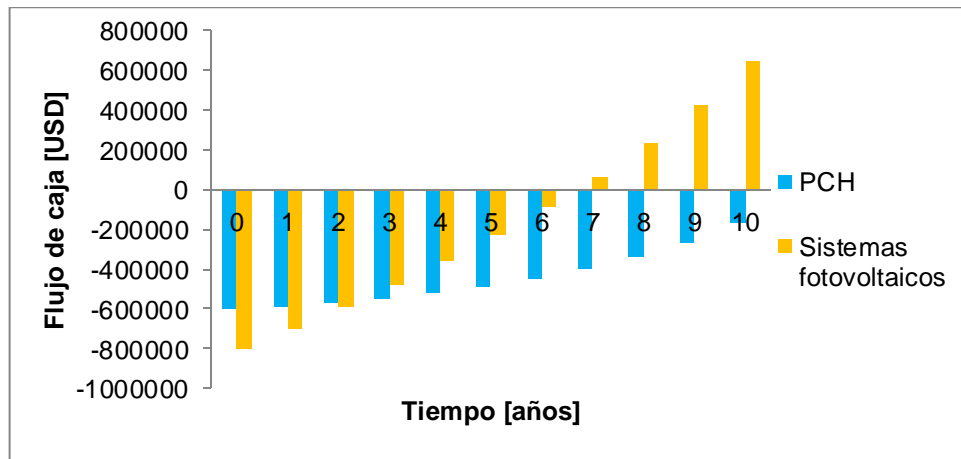
En el municipio de Puerto Concordia la tecnología eólica genera pérdidas cada año, mientras que la tecnología solar recupera su inversión en el octavo año, pero sus ganancias no satisfacen las inversiones realizadas, ver figura 18. Ya que el precio de venta de la energía eléctrica subsidia en la tecnología eólica (Pequeños aerogeneradores) muestra un valor inferior al valor real al cual la tecnología viable.

Figura 18. Flujo de Caja para Puerto Concordia (demanda mínima con subsidio)



En el caso del municipio de Riosucio, figura 19, la tecnología solar fotovoltaica se destaca notablemente ya que su recuperación se realiza en el séptimo año con una ganancia final de USD 648685,804. En lo que respecta a las PCH, en 10 años no alcanza a recuperar su inversión inicial. Esto es debido a que el costo de generación de energía eléctrica a partir del recurso hídrico es más caro ya que los costos de operación y mantenimientos son más altos.

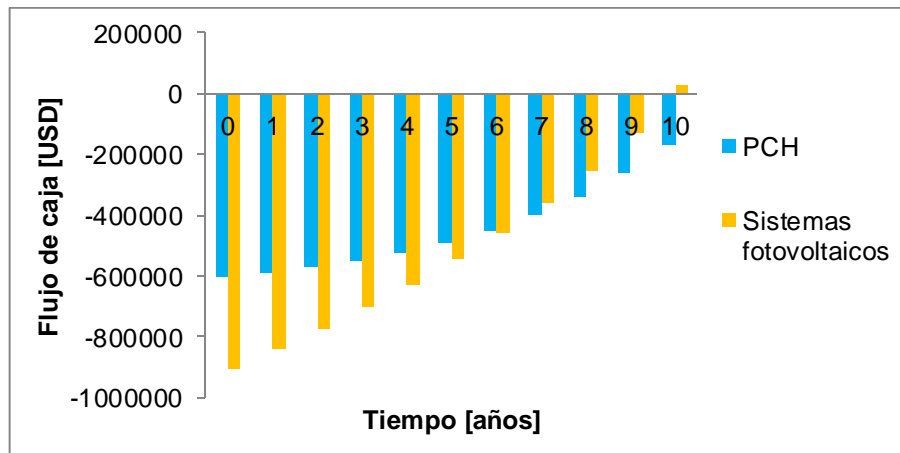
Figura 19. Flujo de Caja para Riosucio (demanda mínima con subsidio)



En cuanto al municipio de Valle de Guamuez, los resultados no son favorables ya que las PCH no logran recuperar la inversión inicial en 10 años. Por otra parte la tecnología solar fotovoltaica se recuperan al año 10 pero su ganancia solo es la

trigésima tercera parte de la inversión inicial, ver figura 20. Esto se debe a que el precio de venta es asequible al consumidor pero no genera grandes utilidades para recuperar la inversión.

Figura 20. Flujo de Caja para Valle de Guamuez (demanda mínima con subsidio)



Según el VPN que se observa en la tabla 12 el único departamento que presenta un proyecto viable es Riosucio con la tecnología solar ya que su valor es positivo y tiene una TIR del 11%.

Tabla 12. Valor de VPN y la TIR demanda mínima con subsidio

MUNICIPIOS	INDICADORES ECONOMICOS	TECNOLOGIA		
		SOLAR	EÓLICA	PCH'S
PUERTO CONCORDIA	TIR	4,74%	-	-
	VPN	-105629,75	-2391247,9	-
RIOSUCIO	TIR	11%	-	2%
	VPN	166031,39	-	-157508,7
VALLE DE GUAMUEZ	TIR	0%	-	2%
	VPN	-286501,45	-	-157508,7

5 CONCLUSIONES

El software HOMER es una herramienta que permite trabajar con fuentes no convencionales de energía renovable para generar electricidad, ya que cuenta con la capacidad de un análisis sensible y de optimización que permite diseñar diferentes sistemas fuera de la red eléctrica (aislados), buscando la combinación de componentes de menor costo.

Para los cuatro escenarios el tiempo mínimo de recuperación de la inversión está entre 6 y 7 años; haciéndose viable en los escenarios sin subsidio de energía la tecnología eólica con pequeños aerogeneradores y las PCH. Esta situación cambia radicalmente en los escenarios con subsidio de energía, en los cuales solo se hace viable la tecnología solar fotovoltaica con demandas máximas de energía; sin embargo, para la demanda mínima ninguna tecnología es viable, porque en ningún caso se llega a obtener utilidad en el período de estudio.

Económicamente, las PCH son la alternativa más viable para las ZNI que cuentan con un alto recurso hídrico y gran número de habitantes (centros poblados grandes), en caso contrario los costos de operación y mantenimiento son muy elevados y obstaculizan la viabilidad de estos proyectos.

Aunque Colombia cuenta con un excelente potencial eólico, el recurso eólico en algunos de las zonas analizadas no es tan favorable, pues en promedio se obtuvo un valor de 2,49 m/s para la velocidad del viento medida a 10 m de altura. La poca disponibilidad del recurso en los municipios analizados implicó que la alternativa de generación eólica sólo fuera considerada en el municipio de Puerto Concordia, con 3,71 m/s, para la cual demostró tener poca factibilidad económica. Sin embargo, vale la pena tener en cuenta la alternativa eólica para proyectos de mayor capacidad (en centros poblados más grandes) en donde pueden implementarse aerogeneradores de mayor altura; ya que, la variación del recurso con la altura es grande.

En el escenario de demanda mínima-sin subsidio, la implementación de la tecnología solar fotovoltaica sería la más atractiva para los consumidores debido a que el precio de venta de la energía eléctrica es el más bajo de todos. Su inconveniente radica en que para los inversionistas no es atractiva económicamente, porque su VPN y TIR son menores a comparación de las otras tecnologías.

Al momento de pretender invertir en proyectos para la generación de energía a partir de FNCE-R es una buena opción contar con el respaldo de entidades gubernamentales encargadas de dar solución a estos problemas en el déficit de la energía; ya que el gobierno cuenta con una serie de incentivos y regulaciones que dan beneficios a entes financiadores para estos tipos de proyectos en las ZNI.

Es importante tener en cuenta que los precios de venta de generación eléctrica influyen significativamente en la rentabilidad de los proyectos ya que estos representan las ganancias del mismo.

6 RECOMENDACIONES

Antes de implementar una alternativa generación eléctrica en un municipio determinado, se recomienda realizar un análisis de viabilidad que tenga en cuenta las condiciones geográficas, socioculturales y económicas particulares del lugar. Por ejemplo, para reducir los costos de generación de energía eléctrica a partir de las PCH se recomienda buscar el compromiso de la comunidad beneficiada con los procesos de operación y mantenimiento de las plantas.

Asimismo, para futuras investigaciones se recomienda hacer un análisis de viabilidad económica para brindar soluciones a partir de sistemas híbridos solar-eólico, solar-hídrico y solar-diesel.

Finalmente, es indispensable hacer una revisión de los subsidios actuales y plantear nuevas ayudas económicas en forma de incentivos para el fomento de las energías renovables (especialmente, para aquellas que actualmente son muy poco aplicadas como la energía solar y eólica).

En el caso de variaciones en los subsidios otorgados o en la implementación de incentivos económicos, se recomienda evaluar la implementación de alternativas de generación eléctrica con nuevos escenarios de oferta-demanda que permitan la igualdad de las ZNI con el SIN.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ESTEVE GOMEZ, Natalia. Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica. Tesis de Magíster en Gestión Ambiental. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2011. 8 p.
- [2] COLOMBIA.MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales-Proure. [En línea]. [Consultado 20 Marzo 2014]. Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf>
- [3] COLOMBIA, IPSE. Centro de innovación tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y sólidos. Marco institucional y legal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011. 19 p. ISBN: 978-958-99713-3-8
- [4] COLOMBIA, IPSE. Centro de innovación tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y sólidos. Marco institucional y legal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011. 22 p. ISBN: 978-958-99713-3-8.
- [5] NARVÁEZ RINCÓN, Paulo César. Fuentes convencionales y no convencionales de energía: estado actual y perspectivas. En: Ingeniería e Investigación. Diciembre, 2010. vol 30, no.3, p. 165-173.
- [6] OBSERVATORIO DEL CARIBE COLOMBIANO. Energía renovable, nuevas alternativas para el desarrollo del caribe. [En línea]. [Consultado 6 Mayo 2014]

Disponible en:

<http://www.ocaribe.org/per/mantenimiento/uploaded/Prof_EnerRenovable.pdf>

[7] COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS; UPME; IDEAM. Atlas de radiación solar en Colombia. Bogotá: UPME-IDEAM, 2005.

[8] MARÍN RAMÍREZ, Rodrigo. Colombia: Potencia hídrica. [En línea]. [Consultado 15 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/06colo.pdf>>

[9] TWENERGY. La biomasa en Colombia: el gran reto para generar energía sustentable. [En línea]. [Consultado 10 Julio 2014]. Disponible en: <<http://twenergy.com/energias-renovables/la-biomasa-en-colombia-el-gran-reto-para-generar-energia-sustentable-1140>>

[10] CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Vol 2. Bogotá D.C.2010. [En línea]. [Consultado 30 Enero 2014].Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf>

[11] COLOMBIA, UPME. Energías renovables: Descripción tecnologías y usos finales. Energía de los océanos. Bogotá D.C. ICONTEC. 38 p. ISBN: 9383-36-X.

[12] MEDINA VÁSQUEZ, Javier. Et al. Generación de energía eléctrica a partir de energías alternativas a las convencionales. Generación de energía eléctrica de la transformación de la energía mareomotriz. Santiago de Cali, 2010. [En línea]. [Consultado 5 Junio 2014]. Disponible en: <http://sigp.sena.edu.co/soporte/Plan/04_Energia%20Mareomotriz>

- [13] ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. Energías renovables. Energía solar. [En línea]. [Consultado 8 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erTO/pdf/libro_energia_solar.pdf>
- [14] HERNÁNDEZ BAUTISTA, Cristóbal. Evaluación técnica de un sistema híbrido de producción de energías alternas. Trabajo de grado de Maestro en Ciencias. Montecillo: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Postgrado de Hidrociencias, 2013. 26 p.
- [15] ESPAÑA, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, et al. Energías renovables y eficiencia energética. Energía solar fotovoltaica. Canarias: Institución Tecnológico de Canarias, S.A., 2008. 67 p. ISBN 978-84-69093-86-3
- [16] ZABALZA BRIBIÁN, Ignacio et al. Energía renovable en Aragón. Análisis técnico de las tipologías de energías renovables Aragón: Consejo Aragonés de Cámaras oficiales de comercio e industria, Confederación de empresarios de Aragón, Caja de ahorros de la inmaculada, 2008. 84 p. ISBN 978-84-87807-37-4.
- [17] CORPORACIÓN EMA. Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables. Bogotá D.C, 2012. [En línea]. [Consultado 12 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.corpoema.com/web/IMG/pdf/informe_zni_renovables.pdf>
- [18] SIERRA VARGAS, Fabio Emiro; SIERRA ALARCON, Adriana Fernanda y GUERRERO FAJARDO, Carlos Alberto. Pequeñas y microcentrales

hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica. En: Informador Técnico. Enero-Diciembre, 2011, ed 75. p. 73-85.

- [19] COLOMBIA, UPME. Energías renovables: Descripción tecnologías y usos finales. Energía de los océanos. Bogotá D.C. ICONTEC. 22 p. ISBN: 9383-36-X.
- [20] ZABALZA BRIBIÁN, Ignacio.et al. Energía renovable en Aragón. Análisis técnico de las tipologías de energías renovables Aragón: Consejo Aragonés de Cámaras oficiales de comercio e industria, Confederación de empresarios de Aragón, Caja de ahorros de la inmaculada, 2008. 65 p. ISBN 978-84-87807-37-4.
- [21] COLOMBIA, IPSE. Centro de innovación tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y sólidos. Marco institucional y legal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011. 113 p. ISBN: 978-958-99713-3-8.
- [22] INSTITUTO LATINOAMERICANO DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL. Guía para la presentación de proyectos. 27 ed. México D.C.: Siglo xxi editores, S.A de C.V. 137 p. ISBN: 968-23-1687-1.
- [23] FERNÁNDEZ RUÍZ, Cinthia. Entre la TIR y el VPN para la evaluación de un proyecto. En: Actualidad Empresarial. Septiembre, 2012, vol. 7. no.263.
- [24] WONG CAM, David. Finanzas corporativas: un enfoque para el Perú. 2 ed. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2000. 100 p. ISBN:9972-603-40-4

- [25] CONNOLLY, David, et al. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. In: Applied Energy. 2010, vol. 87, no. 4, p. 1059-1082.
- [26] OCHOA RAMÓN, Jorge Luis. Criterios de evaluación y análisis de alternativas para el diseño de proyectos de electrificación rural con energía eólica y solar en países de desarrollo. Tesis de Máster. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- [27] RAMÓN DUCOY, Francisco Javier. Implantación de energía renovable en una planta de producción de amoníaco. Tesis de grado Ingeniero Industrial. Sevilla: Universidad de Sevilla. Escuela superior de ingenieros. 2012. 71 p.
- [28] NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. Guía de inicio: HOMER versión 2.0. Traducido por Arturo Romero Paredes, Ecoturismo y Nuevas Tecnologías. [En línea]. [Consultado 7 Junio 2014]. Disponible en: <http://www.homerenergy.com/pdf/HOMERGettingStartedGuide_Spanish.pdf>
- [29] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Determinación del consumo final de energía en los sectores residencial urbano y comercial y determinación de consumo para equipos domésticos de energía eléctrica y gas. [En línea]. [Consultado 26 Marzo 2014]. Disponible en: <http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Residencial/Consumo_Final_Energia.swf>
- [30] COLOMBIA, UPME; SIEL. Cobertura de energía eléctrica. [En línea]. [Consultado 15 Abril 2014]. Disponible en: <https://www.google.com.co/search?newwindow=1&site=&source=hp&q=COBERTURA_2012_Version_Nov18-2013_publicadoWeb+%281%29&oq=COBERTURA_2012_Version_Nov18-

2013_publicadoWeb+%281%29&gs_l=hp.3...46211.46211.0.46621.3.3.0.0.0.0.432.826.0j1j1j0j1.3.0....0...1c.1.51.hp..3.0.0.0.vTZrCRNeHbw>

- [31] FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD EN ENERGÍA RENOVABLE PARA AMERICA CENTRAL. Manual sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala. San José: Biomass Users Network (BUN_CA), 2002. 6 p. ISBN: 9968-9708-8-3
- [32] MORA NAVARRO, Diego Camilo; HURTADO LIÉVANO, Jorge Mauricio. Guía para estudio de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas como parte de sistemas híbridos. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2004. 25 p.
- [33] COLOMBIA, ALCALDÍA DE TAME- ARAUCA. Investigación y compilación de documentación técnica, legal y pertinente para la caracterización de una pequeña central hidroeléctrica en el municipio de Tame. [En línea]. [Consultado 24 Mayo 2014]. Disponible en: <<http://tame-arauca.gov.co/apc-aa-files/36633363363539306637633364393131/PCH.pdf>>
- [34] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Determinación del consumo final de energía en los sectores residencial urbano y comercial y determinación de consumo para equipos domésticos de energía eléctrica y gas. [En línea]. [Consultado 26 Marzo 2014]. Disponible en: <http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Residencial/Consumo_Final_Energia.swf>
- [35] CORPORACIÓN EMA. Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables. Bogotá D.C, 2012. [En línea]. [Consultado 12 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.corpoema.com/web/IMG/pdf/informe_zni_renovables.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. Energías renovables. Energía solar. [En línea]. [Consultado 8 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/renova/erTO/pdf/libro_energia_solar.pdf>

COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Evaluación económica. [En línea]. [Consultado 17 Mayo 2014]. Disponible en: <<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/eLearning/dnp/2/html/contenido-2.3.3-evaluacion-economica.html>>

COLOMBIA, IPSE. Centro de innovación tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y sólidos. Marco institucional y legal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011. p. 204. ISBN: 978-958-99713-3-8.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales-Proure. [En línea]. [Consultado 20 Marzo 2014]. Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf>

COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS; UPME; IDEAM. Atlas de radiación solar en Colombia. Bogotá: UPME-IDEAM, 2005

COLOMBIA, UPME. Energías renovables: Descripción tecnologías y usos finales. Energía de los océanos. Bogotá D.C. ICONTEC. p.47. ISBN: 9383-36-X.

COLOMBIA, UPME; SIEL. Cobertura de energía eléctrica. [En línea]. [Consultado 15 Abril 2014]. Disponible en: <https://www.google.com.co/search?newwindow=1&site=&source=hp&q=COBERTURA_2012_Version_Nov18-2013_publicadoWeb+%281%29&oq=COBERTURA_2012_Version_Nov18-

2013_publicadoWeb+%281%29&gs_l=hp.3...46211.46211.0.46621.3.3.0.0.0.0.432
.826.0j1j1j0j1.3.0....0...1c.1.51.hp..3.0.0.0.vTZrCRNeHbw>

CONNOLLY, David, et al. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems.In: Applied Energy. 2010, vol. 87, no. 4. p. 1059-1082.

CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Vol 2. Bogotá D.C.2010. [En línea]. [Consultado 30 Enero 2014].Disponible en: <http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf>

CORPORACIÓN EMA. Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables. Bogotá D.C, 2012. [En línea]. [Consultado 12 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.corpoema.com/web/IMG/pdf/informe_zni_renovables.pdf>

ESPAÑA, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, et al. Energías renovables y eficiencia energética. Energía solar fotovoltaica. Canarias: Institución Tecnológico de Canarias, S.A., 2008. p.147. ISBN 978-84-69093-86-3

ESTEVE GOMEZ, Natalia. Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica. Tesis de Magíster en Gestión Ambiental. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2011. p. 99.

FERNÁNDEZ RUÍZ, Cinthia. Entre la TIR y el VPN para la evaluación de un proyecto. En: Actualidad Empresarial. Septiembre, 2012, vol. 7. no.263

FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD EN ENERGÍA RENOVABLE PARA AMERICA CENTRAL. Manual sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña

escala. San José: Biomass Users Network (BUN_CA), 2002. p.44. ISBN: 9968-9708-8-3

HERNÁNDEZ BAUTISTA, Cristóbal. Evaluación técnica de un sistema híbrido de producción de energías alternas. Trabajo de grado de Maestro en Ciencias. Montecillo: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Postgrado de Hidrociencias, 2013. p.147.

INSTITUTO LATINOAMERICANO DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL. Guía para la presentación de proyectos. 27 ed. México D.C.: Siglo xxi editores, S.A de C.V. p.233. ISBN: 968-23-1687-1.

MARÍN RAMÍREZ, Rodrigo. Colombia: Potencia hídrica. [En línea]. [Consultado 15 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/06colo.pdf>>

MEDINA VÁSQUEZ, Javier. Et al. Generación de energía eléctrica a partir de energías alternativas a las convencionales. Generación de energía eléctrica de la transformación de la energía mareomotriz. Santiago de Cali, 2010. [En línea]. [Consultado 5 Junio 2014]. Disponible en: <http://sigp.sena.edu.co/soporte/Plan/04_Energia%20Mareomotriz>

MORA NAVARRO, Diego Camilo; HURTADO LIÉVANO, Jorge Mauricio. Guía para estudio de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas como parte de sistemas hídricos. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2004. p.185.

NARVÁEZ RINCÓN, Paulo César. Fuentes convencionales y no convencionales de energía: estado actual y perspectivas. En: Ingeniería e Investigación. Diciembre, 2010. vol 30, no.3, p. 165-173.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. Guía de inicio: HOMER versión 2.0. Traducido por Arturo Romero Paredes, Ecoturismo y Nuevas Tecnologías. [En línea]. [Consultado 7 Junio 2014]. Disponible en: <http://www.homerenergy.com/pdf/HOMERGettingStartedGuide_Spanish.pdf>

OBSERVATORIO DEL CARIBE COLOMBIANO. Energía renovable, nuevas alternativas para el desarrollo del caribe. [En línea]. [Consultado 6 Mayo 2014] Disponible en: <http://www.ocaribe.org/per/mantenimiento/uploaded/Prof_EnerRenovable.pdf>

OCHOA RAMÓN, Jorge Luis. Criterios de evaluación y análisis de alternativas para el diseño de proyectos de electrificación rural con energía eólica y solar en países de desarrollo. Tesis de Máster. Barcelona: Universidad de Barcelona.

RAMÓN DUCOY, Francisco Javier. Implantación de energía renovable en una planta de producción de amoníaco. Tesis de grado Ingeniero Industrial. Sevilla: Universidad de Sevilla. Escuela superior de ingenieros. 2012. 71 p

SIERRA VARGAS, Fabio Emiro; SIERRA ALARCON, Adriana Fernanda y GUERRERO FAJARDO, Carlos Alberto. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica. En: Informador Técnico. Enero-Diciembre, 2011, ed 75. p. 73-85.

TWENERGY. La biomasa en Colombia: el gran reto para generar energía sustentable. [En línea]. [Consultado 10 Julio 2014]. Disponible en: <<http://twenergy.com/energias-renovables/la-biomasa-en-colombia-el-gran-reto-para-generar-energia-sustentable-1140>>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Determinación del consumo final de energía en los sectores residencial urbano y comercial y determinación de consumo para equipos domésticos de energía eléctrica y gas. [En línea]. [Consultado 26 Marzo 2014]. Disponible en:

<http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Residencial/Consumo_Final_Energia.swf>

USAENE. Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas con plantas térmicas. Bogotá D.C, 2013. vol 2. AN-USA-882-03.

WONG CAM, David. Finanzas corporativas: un enfoque para el Perú. 2 ed. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2000. p.336. ISBN:9972-603-40-4

ZABALZA BRIBIÁN, Ignacio.et al. Energía renovable en Aragón. Análisis técnico de las tipologías de energías renovables Aragón: Consejo Aragonés de Cámaras oficiales de comercio e industria, Confederación de empresarios de Aragón, Caja de ahorros de la inmaculada, 2008. p.288. ISBN 978-84-87807-37-4.

ANEXO

Anexo A. Reglamentaciones Colombia para las ZNI

Resolución CREG 082 de 1997, resolución MME 180961 del 2004; por la cual presentan costos máximos de prestación de servicios establecido por la CREG actualizados al 2010; y los costos máximos de prestación de servicio con subsidios que se obtienen por tipo de centro de poblado establecidos por el MME (Tabla13). Se utilizaron los centros poblados de tipo 1 y 2.

Tabla 13. Costos máximos de prestación del servicio departamental con y sin incluir subsidios

DEPARTAMENTO	COSTO MÁXIMO DE PRESTACIÓN DE SERVICIO (\$/kWH) A 2010	COSTO MÁXIMO DE PRESTACIÓN DE SERVICIO CON SUBSIDIO (\$/KWH) A 2010		
		Tipo 1 y 2	Tipo 3	Tipo 4
Amazonas	738,13	1.107,20	1099,82	1092,44
Antioquia	736,17	1.104,26	1096,9	1089,54
Caquetá	773,06	1159,6	1151,87	1144,14
Casanare	772,74	1159,11	1151,38	1143,65
Cauca	767,52	1151,27	1143,6	1135,92
Chocó	893,2	1339,81	1330,87	1321,94
Guanía	486,15	702,22	697,54	692,86
Guaviare	730,95	1096,43	1089,12	1081,81
Meta	753,15	1129,73	1122,19	1114,66
Nariño	748,25	1122,38	1114,9	1107,42
Putumayo	628,12	942,17	935,89	929,61
Vaupés	1.243,17	1864,76	1852,33	1839,89
Vichada	760,99	1141,48	1133,87	1126,26

Fuente: Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica, 2011.

Nota: Debido a que el porcentaje de subsidio es igual para los centros poblados de tipo 1 y 2 (50%), los costos máximos de prestación de servicios, incluyendo subsidios para estos dos tipos de centros poblados iguales.

En el artículo 22 de la Resolución CREG 091 DE 2007 establece la metodología para la remuneración de la componente de inversión y mantenimiento de sistemas de generación, pequeñas centrales hidroeléctricas, sistemas eólicos y sistemas fotovoltaicos. En las tablas a continuación se reflejan los subsidios dados.

Tabla 14. Componentes de remuneración de inversión en PCH.

TIPO DE SOLUCIÓN	RANGO kW		\$/kWh
	Mínimo	Máximo	
Micro Turbina	1	100	307,34
Mini Centrales	100	1000	225,38
Pequeñas Centrales	1000	10000	122,93

Fuente: Resolución 057 de 2009

Tabla 15. Componentes de remuneración de inversores en sistemas solares fotovoltaicos y sistemas eólicos.

Solución energética implementada	RANGO kW		\$/ Wp- mes
	Mínimo	Máximo	
Individual DC	0,05	0,1	307,34
Individual AC	0,075	0,5	225,38
Centralizado Aislado	0,3	10	122,93

Fuente: Resolución 057 de 2009

Anexo B. Tecnologías

Tecnología Hidroeléctrica- PCH

Dependiendo del sitio en donde se quiera implementar una PCH, existen varios esquemas de aprovechamiento hidroeléctrico, con regulación a pie de presa y a filo de agua, este último es el más usado para zonas aisladas.

Se trabajara con centrales a filo de agua ya que tiene un impacto mínimo al medio ambiente, porque no bloquea el cauce del río y no inunda terrenos adyacentes [31]. Este tipo de central toma el recurso hídrico directamente por medio de una bocatoma, que dirige el caudal a un canal en el que se alcanza la caída necesaria, para obtener la potencia requerida; después se encuentra un tanque de presión y un desarenador que conduce el caudal a una tubería a presión, por la cual se lleva a la turbina de generación [32].

Las turbinas son un elemento muy esencial en las PCH, ya que transforman la energía hidráulica en mecánica para accionar el generador. Las turbinas hidráulicas son de varios tipos pero las más importantes y utilizadas son las Pelton y Francis. La turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Es una turbomáquina motora, de flujo transversal, admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas. Las turbinas Pelton están diseñadas para explotar grandes saltos hidráulicos de bajo caudal [33].

La turbina Francis es uno de los tipos de turbina hidráulica que se puede diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, operando en rangos de desnivel que van de los diez metros hasta varios cientos de metros. Esto, junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea la más usada en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas [33].

Anexo C. Demanda energética de las ZNI

Para calcular la demanda energética se tuvo en cuenta el resumen ejecutivo presentado por la Universidad Nacional de Colombia a la UPME [34].

De este documento se tomaron los siguientes datos (ver tabla 16)

Tabla 16. Consumo de energía para Bogotá, Medellín, Pasto y Barranquilla

CONSUMO ENERGÉTICO [kWh/mes-hogar]				
ELECTRODOMESTICOS	BOGOTÁ	MEDELLIN	B/QUILLA	PASTO
Luminarias	36,20	25,00	24,80	34,30
Televisor	8,20	7,80	11,70	6,90
Refrigeración	44,10	55,00	60,00	29,00
Plancha	10,70	9,40	9,00	7,70
Licadora	1,20	1,00	1,90	1,70
Lavadora	12,70	12,70	3,80	5,20
Calentador de agua	63,10	0,00	0,00	62,80
Ventilador	0,00	0,00	42,70	0,00
TOTAL	176,20	110,90	153,90	147,60

El consumo mensual se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Consumo mensual municipio} = \text{Viviendas} * \text{Consumo promedio por vivienda}$$

$$\text{Consumo promedio por vivienda máxima} = 147,12 \frac{kWh}{mes}$$

$$\text{Consumo promedio por vivienda mínima} = 87,2 \frac{kWh}{mes}$$

Tabla 17. Demanda energética de las ZNI

Departamento	Municipio o Región	VSS Cabecera Municipal	VSS Resto	Consumo Mínimo kWh/mes Cabecera Municipal	Consumo Mínimo kWh/mes Resto	Consumo Máximo kWh/mes Cabecera Municipal	Consumo Máximo kWh/mes Resto
Amazonas	Leticia	-	1.026	-	89.467	-	150.976
Amazonas	CD. El Encanto	-	248	-	21.626	-	36.493
Amazonas	CD. La Chorrera	-	207	-	18.050	-	30.460
Amazonas	CD. La Pedrera	-	232	-	20.230	-	34.139
Amazonas	CD. La Victoria1	-	49	-	4.273	-	7.210
Amazonas	CD. Miriti-Parana	-	72	-	6.278	-	10.595
Amazonas	CD. Puerto Alegría2	-	123	-	10.726	-	18.099
Amazonas	CD. Puerto Arica3	-	65	-	5.668	-	9.565
Amazonas	Puerto Nariño	-	300	-	26.160	-	44.145
Amazonas	CD. Puerto Santander	-	159	-	13.865	-	23.397
Amazonas	CD. Tarapaca	-	201	-	17.527	-	29.577
TOTAL				-	233.870	-	394.656

Tabla 17. (Continuación)

Departamento	Municipio o Región	VSS Cabecera Municipal	VSS Resto	Consumo Mínimo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Mínimo kWh/ mes Resto	Consumo Máximo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Máximo kWh/ mes Resto	
Caquetá	Belén Andaquies	-	11	-	918	-	1.549	
Caquetá	Cartagena del Chaira	-	2.900	-	252.880	-	426.735	
Caquetá	Curillo	-	168	-	14.650	-	24.721	
Caquetá	El Paujil	-	640	-	55.808	-	94.176	
Caquetá	La Montañita	457	1.324	39.874	115.430	67.287	194.788	
Caquetá	Milán	104	595	9.093	51.860	15.344	87.514	
Caquetá	Puerto Rico	-	336	-	29.299	-	49.442	
Caquetá	San Vicente del Caguan	2.249	1.677	196.075	146.272	330.876	246.835	
Caquetá	Solano	29	1.584	2.508	138.146	4.232	233.121	
Caquetá	Solita20	-	404	-	35.229	-	59.449	
Caquetá	Valparaíso	-	374	-	32.613	-	55.034	
TOTAL					247.549	873.104	417.738	1.473.364
Casanare	Orocue	86	155	7.476	22.847	12.616	22.847	
Casanare	Paz de Ariporo	-	-	-	-	-	-	
Casanare	Trinidad	307	-	26.770	-	45.175	-	
TOTAL					22.847	22.647	57.791	22.847
Chocó	Acandi	342	312	50.388	27.169	50.388	45.848	
Chocó	Alto Baudó(Pie De Pato)	-	1.988	-	173.354	-	292.534	
Chocó	Bagadó	-	227	-	19.794	-	33.403	
Chocó	Bahía Solano (Mutis)	280	276	41.222	24.055	41.222	40.593	
Chocó	Bajo Baudó (Pizarro)	-	527	-	45.954	-	77.548	

Tabla 17. (Continuación)

Departamento	Municipio o Región	VSS Cabece ra Municipal	VSS Resto	Consumo Mínimo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Mínimo kWh/ mes Resto	Consumo Máximo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Máximo kWh/ mes Resto	
Chocó	Bojaya (Bellavista)	267	273	39.331	23.781	39.331	40.130	
Chocó	Canton De San Pablo30 + Capurgana	-	102	-	8.894	-	15.009	
Chocó	Carmen Del Darien31	-	673	-	58.686	-	99.032	
Chocó	Certegui32	-	662	-	57.726	-	97.413	
Chocó	Litoral Del San Juan	98	1.022	14.406	89.127	14.406	150.402	
Chocó	Jurado	-	187	-	16.306	-	27.517	
Chocó	Lloro	-	203	-	17.702	-	29.871	
Chocó	Medio Atrato33	74	1.974	10.940	172.103	10.940	290.423	
Chocó	Medio Baudó (Boca De Pepe)34	-	503	-	43.862	-	74.016	
Chocó	Medio San Juan35	-	932	-	81.270	-	137.144	
Chocó	Novita	68	112	10.030	9.753	10.030	16.457	
Chocó	Nuqui	230	306	33.882	26.661	33.882	44.990	
Chocó	Río Iro36	-	282	-	24.590	-	41.496	
Chocó	Río Quito37	-	301	-	26.247	-	44.292	
Chocó	Riosucio	-	2.591	-	225.935	-	381.266	
Chocó	Sipi	35	372	5.118	32.458	5.118	54.772	
Chocó	Unguía	-	1.152	-	100.454	-	169.517	
Chocó	Union Panamericana38	72	99	10.636	8.609	10.636	14.527	
TOTAL					85.170	1.314.491	215.952	2.218.203

Tabla 17. (Continuación)

Departamento	Municipio o Región	VSS Cabecera Municipal	VSS Resto	Consumo Mínimo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Mínimo kWh/ mes Resto	Consumo Máximo kWh/ mes Cabecera Municipal	Consumo Máximo kWh/ mes Resto
Guainía	Puerto Inirida	579	339	85.170	29.578	85.170	49.914
Guainía	CD. Barranco Minas	-	424	-	36.973	-	62.392
Guainía	CD. Mapiripana41	-	266	-	23.195	-	39.142
Guainía	CD. San Felipe	-	172	-	14.998	-	25.310
Guainía	CD. Puerto Colombia	-	367	-	32.002	-	54.004
Guainía	CD. La Guadalupe	-	27	-	2.354	-	3.973
Guainía	CD. Cacahual	-	204	-	17.789	-	30.019
Guainía	CD. Pana Pana y otros	-	233	-	20.318	-	34.286
Guainía	CD. Morichal Nuevo	-	90	-	7.848	-	13.244
TOTAL				85.170	185.056	85.170	312.282
Guaviare	San José del Guaviare	-	2.988	-	260.554	-	439.684
Guaviare	Calamar	-	516	-	44.995	-	75.929
Guaviare	El Retorno	-	767	-	66.882	-	112.864
Guaviare	Miraflores	318	1.015	46.808	88.500	46.808	149.343
TOTAL				46.808	155.382	46.808	777.821
Meta	El Calvario	-	-	-	-	-	-
Meta	Mapiripán ypto Elvira	-	1.193	-	104.030	-	175.550
Meta	La Macarena	318	1.916	46.857	167.037	46.857	281.876
Meta	La Uribe	-	1.185	-	103.332	-	174.373
Meta	Puerto Concordia	-	1.878	-	163.762	-	276.348
Meta	Puerto Gaitán	-	25	-	2.220	-	3.747
Meta	Puerto Rico	-	1.498	-	130.626	-	220.431
Meta	Vista Hermosa	-	1.637	-	142.746	-	240.885
TOTAL				48.857	813.753	46.857	1.373.208

Tabla 17. (Continuación)

Departamento	Municipio o región	Vss cabecera municipal	Vss resto	Consumo mínimo kwh/ mes cabecera municipal	Consumo mínimo kwh/ mes resto	Consumo máximo kwh/ mes cabecera municipal	Consumo máximo kwh/ mes resto
Putumayo	Orito	-	2.542	-	221.662	-	374.055
Putumayo	Puerto Asís	-	1.083	-	94.438	-	159.363
Putumayo	Puerto Guzmán	-	1.596	-	139.171	-	234.851
Putumayo	Puerto Leguízamo	137	644	20.105	56.189	20.105	94.819
Putumayo	Valle del Guamuez	-	3.325	-	489.274	-	489.274
	TOTAL			20.105	1.000.734	20.105	1.352.363
Vaupés	Mitu65	579	599	85.126	52.276	85.126	88.216
Vaupés	Carurú	44	169	6.422	14.768	6.422	24.921
Vaupés	CD. Paoa	-	411	-	35.839	-	60.479
Vaupés	Taraira	13	69	1.869	6.043	1.869	10.197
Vaupés	CD. Papunaua	-	48	-	4.186	-	7.063
Vaupés	CD. Yavarate	-	91	-	13.391	-	13.391
	TOTAL			93.418	126.502	93.418	204.267
Vichada	La Primavera	330	300	48.502	26.194	48.502	44.202
Vichada	Santa Rosalía	84	50	12.373	4.353	12.373	7.345
Vichada	Cumaribo66	381	1.820	56.021	158.730	56.021	267.856
	TOTAL			170.757	196.424	170.757	331.466

La demanda horaria se calculó analizando los porcentajes de consumo de cada electrodoméstico en el día obtenidos del resumen ejecutivo presentado por la Universidad Nacional de Colombia a la UPME [34]. En la tabla 18 se puede observar la demanda máxima y mínima.

Tabla 18. Demanda horaria máxima y mínima

TIEMPO [Horas]	%DEMANDA PROMEDIO HORA	POTENCIA HORA kW	ENERGÍA HORA kW-H	%DEMANDA PROMEDIO HORA	POTENCIA HORA kW	ENERGÍA HORA kW-H
1	0,032	0,163	0,163296	0,022	0,018	0,01815
2	0,032	0,163	0,163296	0,022	0,018	0,01815
3	0,0345	0,176	0,1760535	0,022	0,018	0,01815
4	0,0345	0,176	0,1760535	0,022	0,018	0,01815
5	0,042	0,214	0,214326	0,0245	0,020	0,0202125
6	0,0535	0,273	0,2730105	0,036	0,030	0,0297
7	0,05	0,255	0,25515	0,0325	0,027	0,0268125
8	0,05	0,255	0,25515	0,0325	0,027	0,0268125
9	0,036	0,184	0,183708	0,036	0,030	0,0297
10	0,0375	0,191	0,1913625	0,0375	0,031	0,0309375
11	0,037	0,189	0,188811	0,037	0,031	0,030525
12	0,038	0,194	0,193914	0,038	0,031	0,03135
13	0,033	0,168	0,168399	0,033	0,027	0,027225
14	0,0375	0,191	0,1913625	0,0375	0,031	0,0309375
15	0,038	0,194	0,193914	0,038	0,031	0,03135
16	0,038	0,194	0,193914	0,038	0,031	0,03135
17	0,041	0,209	0,209223	0,041	0,034	0,033825
18	0,048	0,245	0,244944	0,048	0,040	0,0396
19	0,0505	0,258	0,2577015	0,0505	0,042	0,0416625
20	0,068	0,347	0,347004	0,0505	0,042	0,0416625
21	0,0565	0,288	0,2883195	0,0405	0,033	0,0334125
22	0,0435	0,222	0,2219805	0,0285	0,024	0,0235125
23	0,034	0,174	0,173502	0,024	0,020	0,0198
24	0,0315	0,161	0,1607445	0,0215	0,018	0,0177375
TOTAL		5,0851395	5,0851395	TOTAL	0,670725	0,670725

Anexo D. Calculo de equipos

Teniendo en cuenta la tabla 19 se encuentran en promedio los equipos utilizados (tabla 20) para la tecnología solar y eólica, además es importante saber la energía total máxima y mínima utilizada para la realización del trabajo (ver tabla 21).

Tabla 19. Tabla de conversión

ENERGÍA MÁXIMA			
EQUIPO	GENERACIÓN	BATERIAS	ALMACENAMIENTO
1- Panel	0,450 kW	7	5 kW
20-Aerogeneradores	151,000 kW	700	151,000 kW

ENERGÍA MÍNIMA			
EQUIPO	GENERACIÓN	BATERIAS	ALMACENAMIENTO
1 Panel	0,450 kW	2	0,669 kW
2 – Aerogeneradores	10 kW	16	10 kW

DEMANDA MAXIMA =508,513 kW viviendas	100	DEMANDA MINIMA =503,043 kW viviendas	750
Paneles	1130	Paneles	1118
Baterías	700	Baterías	1500

DEMANDA MAXIMA =508,513 kW viviendas	100	DEMANDA MINIMA =503,043 kW viviendas	750
Aerogeneradores	68	Aerogeneradores	100
Baterías	2358	Baterías	805

Anexo E. Costo de tecnologías

Los costos son basados en un informe hecho por CORPORACIÓN EMA [35], además están en USD.

Tabla 20. Costos totales de los sistemas fotovoltaicos

	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Unidad	Total Mensual
PREINVERSION					\$ 11.386
Ingeniería y diseños (Eléctrico, Civil, Mecánico) Nota: Costo diluido en 100 SFV	3	Día/hombre	\$ 379.545	Día	\$ 11.386
INVERSIÓN					3.560.447
<i>Adquisición Sistemas y Equipos.</i>					2.138.983
módulos Solares	150	Wp			551.485
Regulador de carga	15.00	A			220.284
Banco de baterías (Trojan L16P)	360	A			652.943
Inversor - Onda Sinusoidal modificada	300	Wcont			79.161
Balance de Sistema (Tablero, Breakers, Cableado, cooper weld)					245.350
Instalación interna (Ducto, cable, rosetas, interruptores, tomacorrientes)					202.760
Estructura de montaje (tubo metálico de 3" x 6m + herrajes + cemento para fijar					187.000
Tableros (Control, sincronización,	NA				0
Sistema de Medición	NA				0
Transformador elevador	NA				0
Almacenamiento de combustible	NA				0
Configuración de la Planta	NA				0

Tabla 20. (Continuación)

	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Unidad	Total Mensual
TRANSPORTE					229.200
<i>Origen: Buenaventura</i> <i>Destino: Bahía Solano</i> <i>Tipo Transporte: Terrestre</i>	1.200	\$/kg			
<i>Origen: Bahía Solano</i> <i>Destino: Sitio Instalación</i> <i>Tipo Transporte: Terrestre o Fluvial</i>	\$ 2.000	\$/kg			
<i>Carga</i>					
Modulos	11.1	\$/kg			35.520
Baterías	32.4	\$7kg			103.680
Otros	50	\$7kg			160.000
Subtotal transporte Obras civiles	NA				0
<i>Montaje eléctrico y mecánico e instalación</i>	NA				315.318
Ingeniero	0.5	días	379.545	\$/día	
Ayudante	0.5	días	91.091	\$/día	
Viáticos	1	días	80.000	\$/día	
<i>Otros permisos y estudios ambientales</i>	NA				0
Capacitación	1	unidad	50.000	unidad	50.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS DE SUMINISTROS E INSTALACIÓN					2.803.501
Administración proyecto (10%), Imprevistos (5%), utilidades (5%)					560.700,25
Inspectoría (1%)					28.035,01
Interventoría técnica (6%)					168.210,07
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DEL SFV					3.560.447

Tabla 20. (Continuación)

	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Unidad	Dedicación	Total Mensual
ADMINISTRACIÓN						\$ 4.676.000
Ing Administrador	1	Empleado	\$ 2.505.000	/mes	1	\$ 2.505.000
Técnico Operador	1	Empleado	\$ 1.336.000	/mes	1	\$ 1.336.000
Asesor Legal	1	Empleado	\$ 835.000,00	/mes	0,33	\$ 278.333
Asesor Contable	1	Empleado	\$ 835.000,00	/mes	0,33	\$ 278.333
Asesor Administrativo	1	Empleado	\$ 835.000,00	/mes	0,33	\$ 278.333
OPERACIÓN						\$ 0
NA No aplica para sistemas solares aislados						
MANTENIMIENTO						\$ 11.880.000
Inspección semestral						
Ingeniero + Técnico inspeccionaran 3 sistemas/día						
Costo de transporte	33	días	\$ 200.000,00	/día		\$ 6.600.000
Viáticos	33	días	\$ 80.000,00	/día	2	\$ 5.280.000

Tabla 21. Costos totales de los sistemas eólicos

	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	UNIDAD	TOTAL
PREINVERSIÓN					\$ 11.386
Ingeniería y diseños (Eléctrico, Civil, Mecánico)	3	días/hombre	\$ 379.545	/día	\$ 11.386
COSTO DILUIDO EN 100 SE					
INVERSIÓN					
Adquisición de sistemas y equipos					
Aerogenerador Bornay Inclín 6000 W	6000	W			34.430.000
Regulador de carga	48	V			\$ 471.376
Banco de baterías (Trojan L16P)	360	A			\$ 650.000
Inversor-Onda Sinusoidal	500	W			\$ 137.235
Balance de sistema (tablero, breakers, cableado, cooper weld)					\$ 245.350
Estructura de montaje (tubo metalico+ cable de sujección + herrajes + cemento para fijar poste					\$ 740.820
TRANSPORTE					\$ 1.030.080
Origen: Barranquilla	\$ 1.200	/kg			
Tipo Transporte: Terrestre					
Origen: España					
Tipo Transporte: Maritimo	\$ 2.500	/kg			
Montaje eléctrico y mecánico					\$ 630.637
Ingeniero	1	Días	\$ 379.545	\$/día	
Ayudante	1	Días	\$ 91.091	\$/día	
Viáticos	2	Días	\$ 80.000	\$/día	

Tabla 21. (Continuación)

	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Unidad
ADMINISTRACION				
Ing Administrador	1	Empleado	\$ 2.505.000	/mes
Técnico Operador	1	Empleado	\$ 1.336.000	/mes
Asesor legal	1	Empleado	\$ 835.000	/mes
Asesor Contable	1	Empleado	\$ 835.000	/mes
Asesor Administrativo	1	Empleado	\$ 835.000	/mes
MANTENIMIENTO				
Ingeniero + Técnico				
Costo de transporte	50	días	\$ 200.000	
Viáticos	50	días	\$ 80.000	

Tabla 22. Costos totales de una PCH

COSTOS ADMINISTRATIVOS	Valor Mes	Parafiscales	Valor Año
Administración			
Gerente	\$ 4,000,000	\$ 2,680,000	\$ 80,160,000
Contador	\$ 1,200,000	\$ 804,000	\$ 24,048,000
Secretaria y Auxiliar de Contabilidad	\$ 700,000	\$ 469,000	\$ 14,028,000
SUBTOTAL	\$ 5,900,000	\$ 3,953,000	\$ 118,236,000
Asesores			
Asesor Jurídico	\$ 2,500,000		\$ 30,000,000
SUBTOTAL	\$ 2,500,000		\$ 30,000,000
Oficina			
Arrendamiento	\$ 2,500,000		\$ 30,000,000
Administración y otros	\$ 800,000		\$ 9,600,000
Servicios	\$ 500,000		\$ 6,000,000
SUBTOTAL	\$ 3,800,000		\$ 45,600,000
Otros			
Viajes a Bogotá y otras ciudades	\$ 1,000,000		\$ 12,000,000
TOTAL COSTOS ADMINISTRATIVOS			\$205,836,000
EN DOLARES x1000			
COSTOS OPERATIVOS			
Personal de Planta			
Ingeniero Residente	\$ 3,500,000	\$ 2,362,500	\$ 70,350,000
Operador	\$ 3,600,000	\$ 2,412,000	\$ 72,144,000
Operador	\$ 3,600,000	\$ 2,412,000	\$ 72,144,000
Operador	\$ 3,600,000	\$ 2,412,000	\$ 72,144,000
SUBTOTAL	\$14,300,000	\$ 9,598,500	\$286,782,000
Vehículos	\$ 1,500,000		\$ 18,000,000
Comunicaciones	\$ 350,000		\$ 4,200,000
TOTAL COSTOS DE O&M			\$514,818,000
EN DOLARES			\$ 286,010

Tabla 22. (Continuación)

DESCRIPCIÓN para 60 kW	INVERSIÓN TOTAL (\$ COP)
Construcción de obras civiles y casa de maquinas	556.343.878
Diseño de obras civiles y redes electricas	46.569.012
Construcción de redes de distribución de energía	666.773.085
Adquisición y montaje de los equipos electromecánicos	132.840.251
Interventoria de redes electricas y obras civiles	21.121.933
licencias ambientales	3.404.800
Turbina tipo Michell Banki Modelo R313	60 Kw - 106.000.000
TOTAL INVERSIÓN	1.427.052.959

Anexo F. Flujo de caja estimado por el software HOMER

Tabla 23. Flujo de caja para el sistema eólica de Puerto Concordia (Demanda mínima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
BORNAY 6000W	Capital	-1721650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1721650	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-1600000
	Total	-1721650	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-160000	-3321650
Baterías Vision 6FM200D	Capital	-260000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-260000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-160000
	Total	-260000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-16000	-630000
Convertidor	Capital	-39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-39	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	-26
Otros	Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-500000
	Total	0	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-500000
Total sistema	Capital	-1983600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-39672	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	
	Operación	0	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-2260000
	Total	-1983600	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-226000	-225350	-4242950

Tabla 24.Flujo de caja para el sistema eólica de Puerto Concordia (Demanda máxima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
BORNAY 6000W	Capital	-1146648,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1146648,9	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-1056000
	Total	-1136318,7	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-106560	-2212248,9
Baterias Vision 6FM200D	Capital	-757575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-757575	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-466200
	Total	-757575	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-46620	-1223775
Convertidor	Capital	-2331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2331	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775,89	775,89	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-2331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775,89	-1555,11	
Otros	Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-33300
	Total	0	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-3330	-33300
Total sistema	Capital	-1906554,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1906554,9	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775,89	775,89	
	Operación	0	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-1565100
	Total	-1906554,87	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-156510	-155734,1	-3470879

Tabla 25. Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Valle de Guamuez (Demanda máxima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
PV	Capital	-597700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-597700	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-597700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-597700
Baterías Trojan L16P	Capital	-359000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	0	-359000	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	288800	288800	
	Operación	0	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-200
	Total	-359000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-379000	268800	-629200
Convertidor	Capital	-226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-22600	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7500	7500	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-22600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7500	-15100
Total sistema	Capital	-979300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-979300	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	0	-359000	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	296400	296400	
	Operación	0	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-200
	Total	-979300	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-379000	276400	-1241900

Tabla 26.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Valle de Guamuez (Demanda mínima)

	AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
PV	Capital	-483000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-483000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-483000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-483000	
Baterías Vision 6FM200D	Capital	-538500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-538500	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000
	Total	-538500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-838500
Convertidor	Capital	-30000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-30000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-30000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	-20250
Total sistema	Capital	-1051500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1051500	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750	
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000	
	Total	-1051500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-20250	-1341750

Tabla 27.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Puerto Concordia (Demanda máxima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
PV	Capital	-479400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-479400	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-479400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-479400	
Baterias Trojan L16P	Capital	-251300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-251300	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	-251300	0	0	0	-251300	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850	850	
	Operación	0	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-140000
	Total	-251300	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	71000	-557600
Convertidor	Capital	-6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	2000	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	-4000	
Total sistema	Capital	-736700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-736700	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	-251300	0	0	0	-251300	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87000	87000	
	Operación	0	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-140000	
	Total	-736700	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	-14000	73000	-1041000

Tabla 28.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Puerto Concordia (Demanda mínima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
PV	Capital	-483000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-483000
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	-483000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-483000
Baterías Vision 6FM200D	Capital	-538500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-538500
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000
	Total	-538500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-838500
Convertidor	Capital	-30000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-30000
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	-30000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	-20250
Total sistema	Capital	-1051500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1051500
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000
	Total	-1051500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-20250

Tabla 29.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Riosucio (Demanda máxima)

AÑOS		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
PV	Capital	-467800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-467800	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-467800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-467800	
Baterias Trojan L16P	Capital	-359000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	0	-359000	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289300	289300	
	Operación	0	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-200000
	Total	-359000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-379000	269300	-628700
Convertidor	Capital	-5900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5900	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	2000	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-5900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	-4000	
Total sistema	Capital	-832800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-832800	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-359000	0	-359000	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2913	2913	
	Operación	0	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-200000
	Total	-832800	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-379000	271300	-1100400

Tabla 30.Flujo de caja para el sistema solar fotovoltaico de Riosucio (Demanda mínima)

	AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	
PV	Capital	-414000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-414000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-414000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-414000
Baterias Vision 6FM200D	Capital	-538500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-538500	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000
	Total	-538500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-838500
Convertidor	Capital	-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-30000	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750	
	Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	-20250	
Total sistema	Capital	-982500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-982500	
	Reemplazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9750	9750	
	Operación	0	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-300000
	Total	-982500	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-30000	-20250	-1272750

Anexo G. Cálculo de la TIR y VPN

Todos los flujos están dados en USD y los datos que aparecen en rojo significan que son negativos.

Tabla 31. Demanda máxima y mínima de sistemas eólicos- Puerto Concordia

	DEMANDA MINIMA	DEMANDA MINIMA
COSTO ENERGIA CON SUBSIDIO [USD/kW]	0,5648	0,5648
COSTO DE ENERGIA HOMER [USD/kW]	2,332	1,891
ENERGIA PRODUCIDA-DIA [Kwh/dia]	500	502,83
ENERGIA PRODUCIDA-AÑO [Kwh/año]	182500	183532
ENERGIA PICO [potencia pico kW]	55	59,94
TASA DE INTERES	7,07%	7,07%
SUBSIDIO [USD]	1618,14	1618,14

Tabla 32. Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas eólica (Demanda máxima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	1906554,87	0	0	1906554,87	96991,31	1,891	0,5648	347060,808	103659,41	1559494,062	-1705904,148
1	0,0522	0	-156510	0	-156510	0	1,990	0,5943	365177,383	109070,431	208667,3827	-47439,56863
2	0,0618	0	-156510	0	-156510	0	2,113	0,6310	387745,345	115810,984	231235,3449	-40699,01597
3	0,0557	0	-156510	0	-156510	0	2,230	0,6662	409342,761	122261,656	252832,7606	-34248,34416
4	0,0459	0	-156510	0	-156510	0	2,333	0,6967	428131,593	127873,466	271621,5933	-28636,53416
5	0,0461	0	-156510	0	-156510	0	2,440	0,7288	447851,691	133763,424	291341,6914	-22746,57573
6	0,0621	0	-156510	0	-156510	0	2,592	0,7741	475683,072	142076,044	319173,0721	-14433,95605
7	0,0782	0	-156510	0	-156510	0	2,795	0,8347	512894,592	153190,304	356384,5919	-3319,695664
8	0,0943	0	-156510	0	-156510	0	3,058	0,9134	561266,144	167637,82	404756,1442	11127,82034
9	0,1104	0	-156510	0	-156510	0	3,396	1,0142	623226,705	186144,073	466716,705	29634,07349
10	0,1265	0	-156510	775,89	-155734,11		3,825	1,1425	702050,933	209687,132	546316,8233	53953,02229
										TIR	14%	-29%
										VPN	\$ 652.292,18	(1.813.492,25)

Tabla 33. Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas eólica (Demanda mínima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	1983600	0	0	1983600	88997,7	2,332	0,5648	425590	103076	-1558010	-1791526,3
1	0,0522	0	-226000	0	-226000	0	2,454	0,5943	447805,8	108456,57	221805,798	-117543,4328
2	0,0618	0	-226000	0	-226000	0	2,605	0,6310	475480,2	115159,18	249480,1963	-110840,8169
3	0,0557	0	-226000	0	-226000	0	2,750	0,6662	501964,44	121573,55	275964,4433	-104426,4505
4	0,0459	0	-226000	0	-226000	0	2,877	0,6967	525004,61	127153,78	299004,6112	-98846,22453
5	0,0461	0	-226000	0	-226000	0	3,009	0,7288	549186,76	133010,58	323186,7612	-92989,41564
6	0,0621	0	-226000	0	-226000	0	3,196	0,7741	583315,53	141276,42	357315,5278	-84723,58058
7	0,0782	0	-226000	0	-226000	0	3,446	0,8347	628946,87	152328,13	402946,8705	-73671,87286
8	0,0943	0	-226000	0	-226000	0	3,771	0,9134	688263,42	166694,33	462263,4182	-59305,66957
9	0,1104	0	-226000	0	-226000	0	4,188	1,0142	764243,75	185096,43	538243,749	-40903,57229
10	0,1265	0	-226000	650	-225350		4,717	1,1425	860903,48	208506,98	635553,477	-16843,01724
										TIR	16%	No calculado
										VPN	\$ 915.507,50	(2.391.247,90)

Tabla 34. Demanda máxima y mínima de sistemas fotovoltaicos

	DEMANDA MAXIMA			DEMANDA MINIMA		
	PUERTO CONCORDIA	RIOSUCIO	VALLE GUAMUEZ	PUERTO CONCORDIA	RIOSUCIO	VALLE GUAMUEZ
COSTO ENERGIA CON SUBSIDIO [USD/kW]	0,5648	0,6699	0,471	0,5648	0,6699	0,471
COSTO DE ENERGIA HOMER [USD/kW]	0,563	0,595	0,51	0,695	0,695	0,733
ENERGIA PRODUCIDA-DIA [Kwh/dia]	510	510	510	501,75	501,75	501,75
ENERGIA PRODUCIDA-AÑO [Kwh/año]	186150	186150	186150	183138,75	183138,75	183138,75
ENERGIA PICO [potencia pico kW]	42,5	42,5	42,6	38,25	38,25	38,25
TASA DE INTERES	7,07%	7,07%	7,07%	7,07%	7,07%	7,07%
SUBSIDIO [USD]	1618,14	1618,14	1618,14	1618,14	1618,14	1618,14

Tabla 35.Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-736700	0	0	-736700	68770,95	0,563	0,5648	104802,45	105137,52	-631897,55	-562791,53
1	0,0522	0	-14000	0	-14000	0	0,592	0,5943	110273,14	110625,699	96273,13789	96625,69854
2	0,0618	0	-14000	0	-14000	0	0,629	0,6310	117088,02	117462,367	103088,0178	103462,3667
3	0,0557	0	-14000	0	-14000	0	0,664	0,6662	123609,82	124005,021	109609,8204	110005,0205
4	0,0459	0	-14000	0	-14000	0	0,695	0,6967	129283,51	129696,851	115283,5112	115696,851
5	0,0461	0	-14000	0	-14000	0	0,727	0,7288	135238,42	135670,796	121238,4175	121670,796
6	0,0621	0	-14000	0	-14000	0	0,772	0,7741	143642,7	144101,948	129642,6994	130101,9478
7	0,0782	-251300	-14000	0	-265300	0	0,832	0,8347	154879,52	155374,69	-110420,4846	109925,3103
8	0,0943	0	-14000	0	-14000	0	0,910	0,9134	169486,34	170028,217	155486,3424	156028,217
9	0,1104	0	-14000	0	-14000	0	1,011	1,0142	188196,66	188798,356	174196,6618	174798,3563
10	0,1265	0	-14000	87000	73000		1,139	1,1425	211999,33	212677,122	284999,3271	285677,1224
										TIR	11,6%	14,3%
										VPN	\$ 156.869,63	\$ 229.168,41

Tabla 36.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-832800	0	0	-832800	68770,95	0,595	0,6699	110759,25	124701,885	-722040,75	-639327,165
1	0,0522	0	-20000	0	-20000	0	0,626	0,7049	116540,88	131211,323	96540,88285	111211,3234
2	0,0618	0	-20000	0	-20000	0	0,665	0,7484	123743,11	139320,183	103743,1094	119320,1832
3	0,0557	0	-20000	0	-20000	0	0,702	0,7901	130635,6	147080,317	110635,6006	127080,3174
4	0,0459	0	-20000	0	-20000	0	0,734	0,8264	136631,77	153831,304	116631,7747	133831,304
5	0,0461	0	-20000	0	-20000	0	0,768	0,8644	142925,15	160916,902	122925,1481	140916,902
6	0,0621	0	-20000	0	-20000	0	0,816	0,9182	151807,12	170916,953	131807,1157	150916,9526
7	0,0782	0	-20000	0	-20000	0	0,879	0,9900	163682,61	184287,367	143682,614	164287,3665
8	0,0943	0	-20000	0	-20000	0	0,962	1,0834	179119,67	201667,675	159119,6692	181667,6746
9	0,1104	-359000	-20000	0	-379000	0	1,068	1,2030	198893,45	223930,628	-180106,5475	155069,3717
10	0,1265	0	-20000	291300	271300	0	1,204	1,3551	224049,02	252252,84	495349,0224	523552,8405
										TIR	11%	17%
										VPN	\$ 146.315,88	\$ 361.883,71

Tabla 37.Flujo de caja con y sin subsidio para Valle de Guamuez de sistemas fotovoltaicos (Demanda máxima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-979300	0	0	-979300	68932,764	0,51	0,471	94936,5	87676,65	-884363,5	-822690,586
1	0,0522	0	-20000	0	-20000	0	0,537	0,4956	99892,185	92253,3711	79892,1853	72253,37113
2	0,0618	0	-20000	0	-20000	0	0,570	0,5262	106065,52	97954,6295	86065,52235	77954,62947
3	0,0557	0	-20000	0	-20000	0	0,602	0,5555	111973,37	103410,702	91973,37195	83410,70233
4	0,0459	0	-20000	0	-20000	0	0,629	0,5810	117112,95	108157,254	97112,94972	88157,25356
5	0,0461	0	-20000	0	-20000	0	0,658	0,6078	122507,27	113139,067	102507,2698	93139,06682
6	0,0621	0	-20000	0	-20000	0	0,699	0,6456	130120,38	120170,003	110120,3849	100170,0025
7	0,0782	0	-20000	0	-20000	0	0,754	0,6961	140299,38	129570,607	120299,3834	109570,607
8	0,0943	0	-20000	0	-20000	0	0,825	0,7617	153531,14	141790,528	133531,145	121790,528
9	0,1104	-359000	-20000	0	-379000	0	0,916	0,8458	170480,1	157443,388	-208519,8978	221556,6115
10	0,1265	0	-20000	296400	276400	0	1,032	0,9528	192042,02	177356,453	468442,0192	453756,453
										TIR	3,34%	2,85%
										VPN	(164.200,37)	(171.703,90)

Tabla 38.Flujo de caja con y sin subsidio para Puerto Concordia de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	1051500	0	0	1051500	61893,86	0,695	0,5648	127281,4	103436,77	-924218,5688	-886169,379
1	0,0522	0	-30000	0	-30000	0	0,731	0,5943	133925,5	108836,17	103925,522	78836,16519
2	0,0618	0	-30000	0	-30000	0	0,776	0,6310	142202,1	115562,24	112202,1192	85562,24019
3	0,0557	0	-30000	0	-30000	0	0,820	0,6662	150122,8	121999,06	120122,7773	91999,05697
4	0,0459	0	-30000	0	-30000	0	0,857	0,6967	157013,4	127598,81	127013,4127	97598,81369
5	0,0461	0	-30000	0	-30000	0	0,897	0,7288	164245,6	133476,12	134245,5814	103476,1214
6	0,0621	0	-30000	0	-30000	0	0,953	0,7741	174452,5	141770,89	144452,4901	111770,8869
7	0,0782	0	-30000	0	-30000	0	1,027	0,8347	188099,5	152861,28	158099,4804	122861,2756
8	0,0943	0	-30000	0	-30000	0	1,124	0,9134	205839,3	167277,76	175839,3123	137277,7606
9	0,1104	0	-30000	0	-30000	0	1,248	1,0142	228562,8	185744,27	198562,7909	155744,2652
10	0,1265	0	-30000	9750	-20250		1,406	1,1425	257470,9	209236,76	237220,868	188986,7572
										TIR	9%	4,74%
										VPN	\$ 83.537,11	(105.629,75)

Tabla 39.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-982500	0	0	-982500	61893,86	0,695	0,6699	127281,4	122684,65	-855218,5688	-797921,4964
1	0,0522	0	-30000	0	-30000	0	0,731	0,7049	133925,5	129088,79	103925,522	99088,78728
2	0,0618	0	-30000	0	-30000	0	0,776	0,7484	142202,1	137066,47	112202,1192	107066,4743
3	0,0557	0	-30000	0	-30000	0	0,820	0,7901	150122,8	144701,08	120122,7773	114701,077
4	0,0459	0	-30000	0	-30000	0	0,857	0,8264	157013,4	151342,86	127013,4127	121342,8564
5	0,0461	0	-30000	0	-30000	0	0,897	0,8644	164245,6	158313,83	134245,5814	128313,8345
6	0,0621	0	-30000	0	-30000	0	0,953	0,9182	174452,5	168152,12	144452,4901	138152,1196
7	0,0782	0	-30000	0	-30000	0	1,027	0,9900	188099,5	181306,25	158099,4804	151306,2474
8	0,0943	0	-30000	0	-30000	0	1,124	1,0834	205839,3	198405,4	175839,3123	168405,4034
9	0,1104	0	-30000	0	-30000	0	1,248	1,2030	228562,8	220308,22	198562,7909	190308,2211
10	0,1265	0	-30000	9750	-20250	0	1,406	1,3551	257470,9	248172,28	237220,868	227922,2798
										TIR	10%	11%
										VPN	\$ 152.537,11	\$ 166.031,39

Tabla 40.Flujo de caja con y sin subsidio para Valle de Guamuez de sistemas fotovoltaicos (Demanda mínima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-1051500	0	0	1051500	61893,86	0,733	0,471	134240,7	86258,351	-917259,2963	-903347,7938
1	0,0522	0	-30000	0	-30000	0	0,771	0,4956	141248,1	90761,037	111248,0685	60761,03719
2	0,0618	0	-30000	0	-30000	0	0,819	0,5262	149977,2	96370,069	119977,1991	66370,06928
3	0,0557	0	-30000	0	-30000	0	0,865	0,5555	158330,9	101737,88	128330,9291	71737,88214
4	0,0459	0	-30000	0	-30000	0	0,904	0,5810	165598,3	106407,65	135598,3188	76407,65093
5	0,0461	0	-30000	0	-30000	0	0,946	0,6078	173225,9	111308,88	143225,9154	81308,87603
6	0,0621	0	-30000	0	-30000	0	1,005	0,6456	183990,9	118226,08	153990,8996	88226,076
7	0,0782	0	-30000	0	-30000	0	1,083	0,6961	198384,1	127474,61	168384,0563	97474,6119
8	0,0943	0	-30000	0	-30000	0	1,185	0,7617	217093,8	139496,86	187093,8359	109496,8577
9	0,1104	0	-30000	0	-30000	0	1,316	0,8458	241059,7	154896,51	211059,7493	124896,5101
10	0,1265	0	-30000	9750	-20250		1,483	0,9528	271548,4	174487,45	251298,4119	154237,4516
										TIR	10%	0%
										VPN	\$ 156.811,36	(286.501,45)

Tabla 41.Demanda máxima y mínima de PCH para Riosucio y Valle de Guamuez

	DEMANDA MÍNIMA	DEMANDA MÁXIMA
COSTO ENERGIA CON SUBSIDIO [USD/kW]	0,471	0,471
COSTO DE ENERGIA HOMER [USD/kW]	0,827	0,819
ENERGIA PRODUCIDA-DIA [Kwh/dia]	504	504
ENERGIA PRODUCIDA-AÑO [Kwh/año]	183960	183960
ENERGIA PICO [potencia pico kW]	55	61
TASA DE INTERES	7,07%	7,07%
SUBSIDIO [USD]	0,13507	0,13507
COSTO ENERGIA CON SUBSIDIO [USD/kW]	24847,4772	24847,4772

Tabla 42.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio y Valle de Guamez de PCH (Demanda mínima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-713527	0	0	-713527	24847,4772	0,827	0,471	152134,92	86645,16	-561392,08	-602034,3628
1	0,0522	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,870	0,4956	160076,363	91168,0374	80795,36282	36734,51455
2	0,0618	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,924	0,5262	169969,082	96802,2221	90688,08205	42368,69926
3	0,0557	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,975	0,5555	179436,36	102194,106	100155,3599	47760,58303
4	0,0459	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,020	0,5810	187672,489	106884,815	108391,4888	52451,29249
5	0,0461	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,067	0,6078	196316,84	111808,019	117035,8401	57374,49617
6	0,0621	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,133	0,6456	208516,791	118756,238	129235,7912	64322,71497
7	0,0782	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,222	0,6961	224828,548	128046,247	145547,5482	73612,72413
8	0,0943	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,337	0,7617	246032,332	140122,404	166751,3317	85688,88136
9	0,1104	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,485	0,8458	273192,889	155591,113	193911,889	101157,5905
10	0,1265	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,673	0,9528	307745,674	175269,907	228464,6745	120836,3837
										TIR	17%	2%
										VPN	\$ 333.206,46	(157.508,71)

Tabla 43.Flujo de caja con y sin subsidio para Riosucio y Valle de Guamuez de PCH (Demanda máxima)

AÑOS	TASA DE INTERES	FLUJO CAPITAL	FLUJO O&M	FLUJO SALVAMENTO	FLUJO TOTAL	SUBSIDIO CAPITAL	FLUJO COSTO DE ENERGIA NETO	FLUJO ENERGIA CON SUBSIDIO	FLUJO COSTO DE ENERGIA TOTAL NETO AÑO	FLUJO ENERGIA TOTAL AÑO CON SUBSIDIO	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO CON SUBSIDIO
0	0,0444	-713527	0	0	-713527	24847,4772	0,819	0,471	150663,24	86645,16	-562863,76	-602034,3628
1	0,0522	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,862	0,4956	158527,861	91168,0374	79246,86113	36734,51455
2	0,0618	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,915	0,5262	168324,883	96802,2221	89043,88295	42368,69926
3	0,0557	0	-79281	0	-79281	24847,4772	0,966	0,5555	177700,579	102194,106	98419,57893	47760,58303
4	0,0459	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,010	0,5810	185857,035	106884,815	106576,0355	52451,29249
5	0,0461	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,057	0,6078	194417,765	111808,019	115136,7655	57374,49617
6	0,0621	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,123	0,6456	206499,7	118756,238	127218,7001	64322,71497
7	0,0782	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,210	0,6961	222653,665	128046,247	143372,665	73612,72413
8	0,0943	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,324	0,7617	243652,333	140122,404	164371,3334	85688,88136
9	0,1104	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,471	0,8458	270550,152	155591,113	191269,1524	101157,5905
10	0,1265	0	-79281	0	-79281	24847,4772	1,657	0,9528	304768,691	175269,907	225487,6909	120836,3837
										TIR	16%	1,95328%
										VPN	\$ 317.711,68	(157.508,71)

Anexo H. Flujos de caja acumulados

Tabla 44.Flujo de caja acumulado de demanda máxima sin subsidio

Años	PUERTO CONCORDIA		RIOSUCIO		VALLE DE GUAMUEZ	
		Sistema Fotovoltaico	Sistema eólico(pequeños aerogeneradores)	PCH	Sistema Fotovoltaico	PCH
0	-631897,55	-1559494,06	-562863,76	-722040,75	-562863,76	-884363,5
1	-535624,412	-1350826,68	-483616,899	-625499,867	-483616,899	-804471,315
2	-432536,394	-1119591,33	-394573,016	-521756,758	-394573,016	-718405,792
3	-322926,574	-866758,573	-296153,437	-411121,157	-296153,437	-626432,42
4	-207643,063	-595136,98	-189577,402	-294489,382	-189577,402	-529319,471
5	-86404,6453	-303795,289	-74440,636	-171564,234	-74440,636	-426812,201
6	43238,0541	15377,7834	52778,0641	-39757,1187	52778,0641	-316691,816
7	-67182,4305	371762,375	196150,729	103925,495	196150,729	-196392,433
8	88303,9119	776518,52	360522,062	263045,164	360522,062	-62861,2876
9	262500,574	1243235,22	551791,215	82938,617	551791,215	-271381,185
10	547499,901	1789552,05	777278,906	578287,639	777278,906	197060,834

Tabla 45. Flujo de caja acumulado de demanda mínima sin subsidio

Años	PUERTO CONCORDIA		RIOSUCIO		VALLE DE GUAMUEZ	
	Sistema Fotovoltaico	Sistema eólico(pequeños aerogeneradores)	PCH	Sistema Fotovoltaico	PCH	Sistema Fotovoltaico
0	-924218,569	-1558010	-561392,08	-855218,569	-561392,08	-855365,441
1	-820293,047	-1336204,2	-480596,717	-751293,047	-480596,717	-744117,373
2	-708090,928	-1086724,01	-389908,635	-639090,928	-389908,635	-624140,174
3	-587968,15	-810759,562	-289753,275	-518968,15	-289753,275	-495809,245
4	-460954,738	-511754,951	-181361,786	-391954,738	-181361,786	-360210,926
5	-326709,156	-188568,19	-64325,9463	-257709,156	-64325,9463	-216985,01
6	-182256,666	168747,338	64909,8449	-113256,666	64909,8449	-62994,1108
7	-24157,1857	571694,208	210457,393	44842,8143	210457,393	105389,945
8	151682,127	1033957,63	377208,725	220682,127	377208,725	292483,781
9	350244,918	1572201,38	571120,614	419244,918	571120,614	503543,531
10	587465,786	2207754,85	799585,288	656465,786	799585,288	754841,943

Tabla 46.Flujo de caja acumulado de demanda máximo con subsidio

Años	PUERTO CONCORDIA		RIOSUCIO		VALLE DE GUAMUEZ	
	Sistema Fotovoltaico	Sistema eólico(pequeños aerogeneradores)	PCH	Sistema Fotovoltaico	PCH	Sistema Fotovoltaico
0	-562791,53	-1705904,15	-602034,363	-639327,165	-602034,363	-822690,586
1	-466165,831	-1753343,72	-565299,848	-528115,842	-565299,848	-750437,215
2	-362703,465	-1794042,73	-522931,149	-408795,658	-522931,149	-672482,585
3	-252698,444	-1828291,08	-475170,566	-281715,341	-475170,566	-589071,883
4	-137001,593	-1856927,61	-422719,273	-147884,037	-422719,273	-500914,63
5	-15330,7972	-1879674,19	-365344,777	-6967,13504	-365344,777	-407775,563
6	114771,151	-1894108,14	-301022,062	143949,818	-301022,062	-307605,56
7	4845,84032	-1897427,84	-227409,338	308237,184	-227409,338	-198034,953
8	160874,057	-1886300,02	-141720,457	489904,859	-141720,457	-76244,4252
9	335672,414	-1856665,94	-40562,8663	334835,487	-40562,8663	-297801,037
10	621349,536	-1802712,92	80273,5174	858388,327	80273,5174	155955,416

Tabla 47.Flujo de caja acumulado de demanda mínimo con subsidio

Años	PUERTO CONCORDIA		RIOSUCIO		VALLE DE GUAMUEZ	
	Sistema Fotovoltaico	Sistema Fotovoltaico	Sistema eólico(pequeños aerogeneradores)	PCH	Sistema Fotovoltaico	PCH
0	-886169,379	-1791526,3	-602034,363	-797921,496	-602034,363	-903347,794
1	-807333,214	-1909069,73	-590147,325	-698832,709	-590147,325	-842586,757
2	-721770,974	-2019910,55	-572626,103	-591766,235	-572626,103	-776216,687
3	-629771,917	-2124337	-549712,998	-477065,158	-549712,998	-704478,805
4	-532173,103	-2223183,22	-522109,182	-355722,301	-522109,182	-628071,154
5	-428696,982	-2316172,64	-489582,163	-227408,467	-489582,163	-546762,278
6	-316926,095	-2400896,22	-450106,926	-89256,3473	-450106,926	-458536,202
7	-194064,819	-2474568,09	-401341,679	62049,9	-401341,679	-361061,59
8	-56787,0585	-2533873,76	-340500,274	230455,303	-340500,274	-251564,733
9	98957,2067	-2574777,34	-264190,161	420763,524	-264190,161	-126668,222
10	287943,964	-2591620,35	-168201,255	648685,804	-168201,255	27569,2291