

EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL
BASADOS EN SOLUCIONES FOTOVOLTAICAS EN LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS DEL PAÍS

ANA MARÍA AVELLANEDA NIÑO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENÍERIAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2016

EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL
BASADOS EN SOLUCIONES FOTOVOLTAICAS EN LAS ZONAS NO
INTERCONECTADAS DEL PAÍS

ANA MARÍA AVELLANEDA NIÑO

Proyecto de Grado en modalidad “Pasantía de Investigación” presentado como
requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Directora

OLGA PATRICIA CHACÓN ARIAS

PhD. en Ciencias Administrativas

Codirector

WILMAN MORALES REY

Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENÍERIAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios quien hace posible que todos los proyectos de mi vida se
hagan realidad.

En segunda instancia a la mujer de mi vida: mi mami, por su dedicación,
perseverancia y confianza en mí.

A mi papi quien desde el cielo me guía y fortalece a diario.

A toda mi familia, especialmente mis abuelos, mi tía Martha y Nico.

A mis amigos principalmente: Dianita S, Dianita N, Tatis y Chrisnell.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	20
1.1 Objetivo General.....	20
1.2 Objetivos Específicos.....	21
1.3 Planteamiento del problema.....	21
1.4 Justificación del proyecto.....	24
2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Energía Solar Fotovoltaica.....	25
2.1.1 Etapas para la estructuración de un Sistema Fotovoltaico.....	27
2.2 Antecedentes.....	30
2.3 Evaluación de Proyectos.....	35
2.3.1 Inversiones.....	36

2.3.2	Costos de Operación.....	37
2.3.3	Ingresos.....	38
2.3.4	Flujo de Caja.....	38
2.3.5	Costo de Capital (WACC).....	39
2.3.6	Criterios de Decisión.....	41
3.	VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA AL MODELO DE EVALUACIÓN FINANCIERA.....	45
3.1	Variables de Entrada.....	48
3.1.1	Solución Fotovoltaica Vivienda.....	48
3.1.2	Variables de Entrada al modelo.....	58
3.1.3	Variables de Salida del modelo.....	62
4.	DESARROLLO DE HERRAMIENTA Y CALCULO DE TARIFA.....	64
4.1	Recepción de Datos.....	64
4.2	Registro de Información.....	69

4.2.1 Inversiones.....	69
4.2.2 Costos de Mantenimiento.....	70
4.2.3 Costos de Administración.....	71
4.3 Cálculo Tarifa de Cobro.....	73
5. CÁLCULO FLUJO NETO DE EFECTIVO.....	80
5.1 Sistema Diésel.....	80
5.2 Sistema Fotovoltaico.....	83
6. EVALUACIÓN DEL MODELO CON BASE A DATOS DE CADA DEPARTAMENTO.....	85
6.1 Comunidad Curiche – Guajira.....	85
6.2 Veredas Corea y Surimena de los municipios Maní y Orocué Casanare.....	89
6.3 Municipio El Castillo departamento del Meta.....	93
6.4 Proyectos en Santander y Norte de Santander.....	98

7. CONCLUSIONES.....	99
8. RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS.....	107

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro de Cargas Sistema Individual Vivienda.....	49
Tabla 2. Cálculos Eléctricos para el Sistema Fotovoltaico.....	50
Tabla 3. Dimensionamiento Módulo Fotovoltaico.....	51
Tabla 4. Dimensionamiento Sistema Acumulación.....	53
Tabla 5. Dimensionamiento Regular de Carga.....	55
Tabla 6. Dimensionamiento del Inversor.....	56
Tabla 7. Diseño de Sistema Individual Fotovoltaico.....	58
Tabla 8. Inversiones Iniciales.....	69
Tabla 9. Costos de Mantenimiento.....	71
Tabla 10. Esquema Salarial.....	71
Tabla 11. Costos de Administración.....	72
Tabla 12. Tarifa de Cobro con repuestos.....	73
Tabla 13. Flujo de Caja Tarifa de Cobro con repuestos.....	75

Tabla 14. Tarifa de Cobro sin repuestos.....	79
Tabla 15. Flujo de Caja Tarifa de Cobro sin Repuestos.....	79
Tabla 16. Costos Generación Diésel.....	80
Tabla 17. Flujo de Caja Sistema Diésel.....	82
Tabla 18. Flujo de Caja Sistema Fotovoltaico.....	83
Tabla 19. Resultados Comparación Sistemas Generación.....	84
Tabla 20. Egresos Evaluación Comunidad Curiche.....	86
Tabla 21. Flujo de Caja Vereda Curiche.....	87
Tabla 22. Resultados Evaluación Financiera Vereda Curiche.....	88
Tabla 23. Egresos Veredas Corea y Surimena – Casanare.....	90
Tabla 24. Flujo de Caja Veredas Corea y Surimena.....	91
Tabla 25. Resultados Evaluación Financiera Veredas Corea y Surimena.....	93
Tabla 26. Egresos municipio El Castillo.....	95
Tabla 27. Flujo de caja municipio el castillo.....	96
Tabla 28. Resultados municipio el Castillo – Meta.....	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general de un sistema fotovoltaico.....	27
Figura 2. Etapas para estructurar soluciones individuales de energía.....	28
Figura 3. Ubicación de Municipio de Arauca en Arauca.....	47
Figura 4. Módulo Fotovoltaico.....	53
Figura 5. Batería 150 Ah.....	54
Figura 6. Regulador.....	55
Figura 7. Inversor.....	56
Figura 8. Esquema de Inversiones.....	59
Figura 9. Esquema de Costos de Mantenimiento.....	60
Figura 10. Esquema Gastos de Administración.....	61
Figura 11. Herramienta en Excel.....	65
Figura 12. Ingreso Valores Inversiones Iniciales.....	66

Figura 13. Ingreso Costos Mantenimiento.....67

Figura 14. Ingreso Costos Administrativos.....68

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Fotos Viviendas asociadas al proyecto.....	107
Anexo B. Mapa de Radiación Solar en Colombia.....	120
Anexo C. Determinación de Inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en Zonas No Interconectadas utilizando recursos renovables.....	121
Anexo D. Herramienta Cálculo Tarifa de Cobro.....	421

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL BASADOS EN SOLUCIONES FOTOVOLTAICAS EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL PAÍS*

AUTOR:

AVELLANEDA Niño. Ana María**

PALABRAS CLAVE: Evaluación Financiera, Generación de Energía, Energía solar, Sistemas Fotovoltaicos, Zonas No Interconectadas.

DESCRIPCIÓN:

En Colombia existen comunidades alejadas de las urbanizaciones, veredas, municipios o corregimientos. Debido a la distancia estas comunidades no cuentan con acceso a la red de energía eléctrica convencional.

Este proyecto evalúa financieramente proyectos de generación eléctrica renovable por medio de soluciones fotovoltaicas. Durante el convenio UIS-IPSE se establecieron pautas para la identificación y estructuración de formas de energía en Zonas No Interconectadas al Sistema de Generación Convencional usando fuentes de energía renovables y amigables con el medio ambiente.

Se identifican posibles proyectos rurales beneficiarios de la energización en los 6 departamentos Colombianos de Meta, Casanare, Guajira, Arauca, Santander y Norte de Santander. Luego se estructuran las características de cada población seleccionada según criterios predeterminados y prioridades en necesidades de salud y educación .

Los proyectos a estructurar se evalúan técnicamente con el fin de dimensionar y establecer sus características, además se calculan criterios de decisión para definir viabilidad financiera y hallar una tarifa de cobro para los operadores de red y/o entes gubernamentales.

Además durante la realización del proyecto se comparan técnica y financieramente diferentes alternativas de generación de energía renovables y amigables con el medio ambiente.

El proyecto presenta a modo de ejemplo 4 ejercicios de aplicación en la herramienta desarrollada en Mc. Excel, diseñados de manera que se pueden realizar por evaluadores sin amplios conocimientos en finanzas, pero si con conocimiento previo de generación de energía renovable.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Directora: Olga Patricia Chacón Arias.

ABSTRACT

TITLE: FINANCE EVALUATION OF PROJECTS OF ELECTRIFICACION RURAL BASEDS IN SOLUTIONS PHOTOVOLTAICS IN THE ZONE NO INTERCONNECTEDS OF COUNTRY*

AUTHOR:

AVELLANEDA Niño. Ana María**

KEYWORDS: Finance Evaluation, Energy Generation, Solar Energy, Photovoltaic System, No Interconnected Zones.

DESCRIPTION:

In Colombia there are remote communities in neighborhoods, villages, towns or townships. Due to the distance of these communities do not have access to conventional electricity network.

This project financially evaluated projects renewable electricity generation through photovoltaic solutions. During the UIS-IPSE agreement guidelines for the identification and structuring of forms of energy in areas not connected to conventional generation system using renewable energy and friendly to the environment were established.

Rural projects identify potential beneficiaries of the energization in the 6 Colombian departments of Meta, Casanare, Guajira, Arauca, Santander and Norte de Santander. The characteristics of each target population is then structured according to predetermined criteria and priorities in health and education needs.

Structuring projects are technically evaluated in order to establish its characteristics and dimensioning also calculated decision criteria to define financial viability and to find a collection fee for network operators and / or government agencies.

Also during the project technically and financially different alternatives for generating renewable energy and friendly to the environment are compared.

The project is exemplary 4 exercises of application in the tool developed in Mc. Excel, designed so that you can perform by assessors without extensive knowledge in finance, but with prior knowledge of renewable energy generation.

* Degree Project

** Faculty of mechanical engineering physicist. School of Industrial and Business Studies. Director: Olga Patricia Chacon Arias.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha hecho notoria la dependencia de la generación de energía en recursos no renovables, es por esto que los países en desarrollo han abonado esfuerzos para usar diferentes alternativas para su generación las cuales sean amigables con el medio ambiente, de bajo costo y larga duración. Entre las fuentes renovables se encuentran la energía hidráulica, eólica, solar, biomasa y geotérmica, que además de ser soluciones ecológicas, su utilización es menos compleja en zonas apartadas a las cuales no llega la red en comparación a la generación convencional, brindando la oportunidad de mejorar la calidad de vida de dichas poblaciones.

El Ministerio de Minas y Energía promueve el uso de energías limpias, especialmente en sectores a donde aún no llega el flujo de corriente eléctrica, debido a los beneficios que trae consigo en la calidad de vida y educación de sus habitantes. A diciembre de 2012, 539.705¹ viviendas no contaban con el servicio de energía eléctrica en el país, es por esto que la Unidad de Planeación Minero Energética UPME establece anualmente planes para la expansión de la cobertura

¹ Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2013 - 2017

de energía eléctrica ya sea por conexión a la red eléctrica existente o para el caso de zonas aisladas la generación por medio de soluciones para cada comunidad.

En Colombia existen zonas apartadas de las urbanizaciones que no cuentan con energía eléctrica. Debido a esto el Instituto de Planeación y Promoción de generación de energía para las Zonas No Interconectada IPSE ZNI, ha establecido proyectos para identificar y estructurar soluciones viables para generar fluido eléctrico en dichas zonas.

La Universidad Industrial de Santander apoya la realización de algunos de estos proyectos en los departamentos de Meta, Casanare, Arauca, Santander, Norte de Santander y Guajira, para los cuales ha identificado las posibles soluciones y de éstas ha seleccionado la alternativa viable para la población en cada caso. Para casos específicos la mejor opción es conectarse al Sistema Interconectado Nacional SIN, debido a las distancias no son extensas, para las zonas que resulta costoso extender la cobertura por medio de la interconexión existente se estudian alternativas renovables e individuales como las de tipo fotovoltaico, para las cuales ha encontrado dificultades que se presenta luego de poner en marcha las instalaciones, la cual es la ausencia de mantenimiento a los equipos en las zonas alejadas.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) en su resolución N°091 de 2007 define las fórmulas tarifarias generales para calcular el costo unitario de la prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas no Interconectadas. El presente trabajo se basa en esta resolución y tiene como fin evaluar financieramente los proyectos de tipo fotovoltaico en estas áreas, además de desarrollar una herramienta en Ms Excel que permita establecer una tarifa de cobro que genere utilidad a las alcaldías u operadores de red encargados y así incentivar al sostenimiento de la operación de la energía eléctrica, al igual que arrojar indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR).

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación financiera de proyectos eléctricos basados en soluciones fotovoltaicas en zonas no interconectadas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una revisión teórica respecto a proyectos eléctricos en zonas rurales con el uso de celdas fotovoltaicas.

- ✓ Determinar las variables de valoración del modelo de evaluación financiera de proyectos tipo fotovoltaico.

- ✓ Desarrollar una herramienta en Ms Excel que permita replicar la evaluación financiera en futuros proyectos y determinar la tarifa de cobro adecuada.

- ✓ Calcular el flujo neto de efectivo de los proyectos fotovoltaicos.

- ✓ Evaluar el modelo para cada departamento (Meta, Casanare, Arauca, Santander, Norte de Santander y Guajira)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años se ha vislumbrado la escasez de fuentes de energía fósil, es por esto que el gobierno busca incentivar alternativas amigables con el medio ambiente, que sean de bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, además de ser seguras para la comunidad.

Los sistemas de electrificación basados en fuentes de energías renovables han demostrado ser adecuados para proveer de energía a comunidades rurales aisladas, dispersas y con baja densidad de población de forma autónoma y descentralizada.

La distancia y la incomunicación, son las principales características de estas comunidades. Además, sus poblaciones son de bajo poder adquisitivo, con una demanda de energía mínima en comparación a otras zonas del país, estos factores imposibilitan el desarrollo de economías de escala. La pobreza en que viven algunas comunidades, el bajo nivel cultural de sus habitantes y su limitado acceso a la información hacen necesaria la ejecución de proyectos de electrificación en estas zonas.

Estas características establecen una baja rentabilidad para empresas privadas que deseen invertir en la electrificación de zonas apartadas, y como consecuencia se requiera de la participación activa del Estado.

La Universidad Industrial de Santander se vinculó con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE ZNI, por medio del contrato 051 del 2013 (Ver anexo 4), con el objetivo de Identificar y estructurar proyectos energéticos sostenibles en los departamentos de Meta, Casanare, Arauca, Santander, Norte de Santander y Guajira. El contrato se dirigió por la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T), con el apoyo de estudiantes de pregrado de ingeniería eléctrica en modalidad proyecto de grado vinculados al grupo de investigación GISEL .

En los proyectos realizados para generar electricidad en zonas alejadas, luego de instalarse la infraestructura necesaria para producir energía en base a la radiación generada por el sol, los operadores de red o alcaldías no realizan mantenimiento ni revisión del estado de los equipos, generando riesgo para la comunidad debido a la vida útil de las baterías de 5 años, la cual es menor a la de los paneles fotovoltaicos de 20 años, además, las baterías necesitan manipulación especial y ser recicladas ya que pueden verter contaminantes para el medio ambiente y ser perjudiciales para la salud de la población.

Aunque el sistema es efectivo y fácil de manejar, los problemas ocurren cuando se conecta incorrectamente los aparatos produciendo cortos eléctricos. Estos inconvenientes se presentan en su mayoría por el mal uso y falta de conocimiento en el mantenimiento y cuidados básicos de los equipos, además de la falta de vigilancia y supervisión por parte del estado o el ente regulador.

Diferentes experiencias de electrificación muestran en capítulos posteriores la necesidad del diseño de las alternativas de electrificación, considerando criterios sociales y culturales para favorecer la integración de los sistemas por parte de los usuarios y garantizar la sostenibilidad de los proyectos.

En algunas zonas del departamento de la Guajira debido a las condiciones económicas de los habitantes, en experiencias anteriores se presentaron casos de comercialización de los aparatos y herramientas instaladas los cuales no son monitoreados ni se les realiza seguimiento o mantenimiento alguno por parte del estado u operadores de red que han realizado la instalación del sistema.

Debido a lo anterior es oportuna la generación de energía en las zonas no interconectadas a la red eléctrica convencional y para ello es necesario realizar un análisis financiero de los proyectos y particularmente los relacionados con generación fotovoltaica, ya que en la actualidad no se cuenta con datos que permitan estructurar una propuesta de remuneración para los servicios de administración, operación, mantenimiento y reposición de equipos y elementos utilizados en este tipo de tecnología de generación eléctrica.

Conjuntamente, el trabajo se realizará con base en las directrices dadas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG (Resolución No. 091 de 2007), en la cual se establecen las fórmulas tarifarias generales para determinar el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se realiza debido al interés del gobierno nacional, que a través del IPSE en convenio con la UIS, busca apoyar a los entes territoriales en la formulación y estructuración de proyectos energéticos, consiguiendo con esto la “Prosperidad para todos” generando más empleo, menos pobreza y más seguridad.

El presente proyecto se efectúa dada su pertinencia práctica ya que el mismo contribuirá a resolver desde la perspectiva financiera una propuesta tarifaria para la sostenibilidad de proyectos energéticos fotovoltaicos en las zonas no interconectadas (municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional, SIN).

Los proyectos de tipo fotovoltaico presentan dificultades en sus etapas de operación, ya que los operadores de red y/o las alcaldías no cuentan con un cálculo de ingresos que genere valor a su empresa y que les permita realizar las actividades de administración, operación, mantenimiento y reposición de equipos y elementos utilizados en la generación de energía eléctrica.

Es por esto que se plantea realizar la evaluación financiera de algunos proyectos fotovoltaicos además de proponer una herramienta para calcular el valor adecuado a recaudar para generar ganancias por el mantenimiento de las instalaciones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica se obtiene por medio de la transformación de la energía liberada por el sol en forma de rayos. La energía solar fotovoltaica se utiliza principalmente para iluminación, radios, televisores, telecomunicaciones² y otros electrodomésticos de bajo consumo energético. Su transformación se lleva a cabo con el uso de paneles solares fotovoltaicos.

La principal función de los paneles solares es capturar y convertir la energía que llega a éstos en forma de rayos en energía eléctrica³, los cuales están conformados por placas semiconductoras de silicio. Utilizan el efecto fotovoltaico en el que generan electricidad a partir del campo eléctrico que se produce cuando están las cargas positivas y negativas en semiconductores diferentes y cercanos. Además de los paneles es necesario el uso de un marco, un inversor, un regulador y el sistema de almacenamiento, como se muestra en la Figura 1.

² NARVAEZ, José Rafael, AGUAS, Felix de Jesus, OVIEDO, Juan Manuel. Diseño y dimensionamiento de plantas solares autónomas para viviendas típicas de la zona rural del Departamento de Córdoba. Revista elementos. Volumen 2. Número 1 Junio de 2012; 67-81.

³ MESA, Juan David, MEJIA , Andres e HINCAPIE, Ricardo A.. Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región. Scientia et Technica. No. 42, Año XV, 2009; 327-332.

Para el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico se hace necesaria la utilización de un marco ya sea de vidrio o aluminio, el cual soporte los paneles y los proteja del deterioro que ocasiona las inclemencias meteorológicas y el paso del tiempo.

Suministrar energía no solo es hacerlo de forma básica, también incluye hacerlo en la cantidad, calidad y tipo que se necesita, es por esto que es inevitable el uso de una herramienta que provea electricidad según las características específicas, para esto hacemos uso de un convertidor o inversor, el cual es un dispositivo que transforma la corriente generada por el panel de corriente continua a corriente alterna⁴.

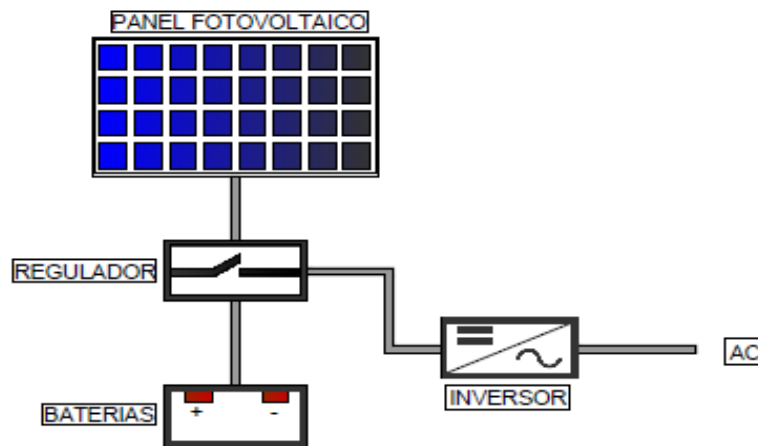
Además del convertidor es necesario el uso de un dispositivo que regule la carga entregada a la batería la cual recibe energía directamente del panel generador, este regulador interviene en el proceso de sobrecarga impidiendo que después de encontrarse a su máxima capacidad de almacenamiento el generador continúe entregándole energía, igualmente controla el proceso de descarga al evitar que la batería en sus mínimos niveles siga entregando energía a los aparatos eléctricos.

La variación de la radiación durante el día hace necesario especialmente para zonas sin electricidad de la red convencional, un mecanismo que admita la recolección de

⁴ LADINO, Rafael Eduardo. La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Pág. 76

energía para utilizar en los momentos en que no es posible generarla. El sistema para almacenar la energía es a través de baterías, las cuales acumulan la electricidad que se produce durante el día en exceso para usarse posteriormente en la noche o en épocas de lluvia.

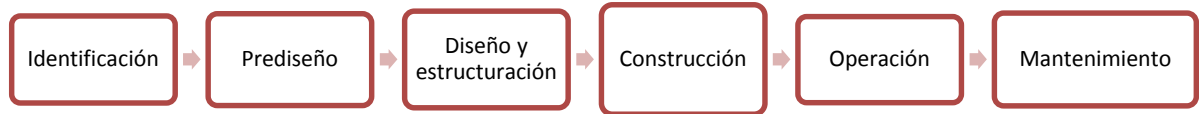
Figura 1. Esquema general de un sistema fotovoltaico⁵.



2.1.1 Etapas para la estructuración de un sistema fotovoltaico: Para el desarrollo de las soluciones individuales para las zonas aisladas a la red eléctrica interconectada, se debe seguir un proceso como lo son su identificación, y las diferentes etapas para su construcción. En la figura 2 se ilustra el proceso a seguir.

⁵ MESA, Juan David, MEJIA , Andres e HINCAPIE, Ricardo A.. Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región. Scientia et Technica. No. 42, Año XV, 2009; 327-332.

Figura 2. Etapas para estructurar soluciones individuales de energía.



1. Etapa de Identificación:

En esta etapa se realiza el diagnóstico de la zona a atender, sus necesidades, la proximidad a la red eléctrica más cercana y se evalúa la posibilidad de interconectarse al sistema nacional; al no ser posible, se selecciona entre las diferentes alternativas de energía individual.

2. Etapa de prediseño:

En esta etapa se selecciona las condiciones y recursos necesarios para instalar el sistema fotovoltaico (la alternativa viable), se incluye los aspectos técnicos, ambientales, económicos, culturales, de dimensiones y espacios.

3. Diseño y estructuración:

Para el diseño de las instalaciones se analizan los resultados arrojados por los estudios ambientales, económicos, tributarios, legales, técnicos y sociales en la región. Después de definir el espacio y la ubicación exacta del sistema se procede a realizar la preparación del lugar para identificar posibles inconvenientes u obstáculos en la operación futura, se instalan las bases o marcos provisionales para

observar el comportamiento de estos y la resistencia de las instalaciones, se adecua el terreno, se evalúa el estado óptimo de los recursos.

4. Construcción:

En esta etapa se instalan los equipos necesarios para la operación del sistema, además de la respectiva conexión y prueba del funcionamiento de los aparatos.

5. Operación:

En esta etapa se desarrollan actividades técnicas, en las cuales se garantiza la prestación del servicio de manera confiable, se realizan capacitaciones a los usuarios con el fin de concientizarlos acerca de la importancia del cuidado y uso correcto de los diferentes dispositivos y del uso de la energía misma.

6. Mantenimiento:

Esta es la última operación pero no es la menos importante, para esta se establecen las actividades mínimas a realizar y su frecuencia con el objetivo de conservar los equipos en buen estado y prolongar su vida útil, se determinan los tiempos en los que se realizara inspección y mantenimiento por parte del operador de red.

2.2 ANTECEDENTES

Debido al interés del gobierno en aumentar la cobertura de servicios eléctricos en el territorio nacional, nace la necesidad de investigar, estudiar e implementar alternativas de generación de energía diferentes a la existente red interconectada de energía, ya que las zonas apartadas no cuentan con la infraestructura para acceder a las soluciones establecidas.

Con el fin de desarrollar exitosamente proyectos de producción de electricidad en los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional, se establecen metodologías que motiven a invertir a los operadores de red en nuevos proyectos de esta índole, ya que no se percibe rentabilidad en las ZNI⁶.

En 2011 se llevó a cabo la recopilación del marco tarifario establecido por la CREG en la resolución 091 de 2007 y se desarrolló una herramienta en lenguaje de programación JAVA en la que se calculó el costo unitario de suministrar el servicio de energía eléctrica con diferentes alternativas renovables: combustible diésel, pequeña central hidroeléctrica y sistema solar fotovoltaico. La herramienta se comprueba a manera de ejemplo en dos localidades: Municipio de Puerto

⁶ RUIZ, Belizza, Fuentes de energía renovable en el subsector eléctrico colombiano, análisis y perspectivas. Revista CIER N° 52, 2009; 3-8.

Leguizamo en el departamento de Putumayo y en el Municipio de Timbiquí en el departamento del Cauca⁷.

En el primer caso para el municipio de Puerto Leguizamo se realiza el cálculo del costo unitario del servicio prestado por plantas eléctricas para el mes de enero de 2008 según parámetros y características ideadas por el autor. Para el segundo caso en el Municipio de Timbiquí el cálculo se hace igualmente para el mes de enero de 2008, con base a la suposición que la fuente de generación es una pequeña central hidroeléctrica y otras características asignadas por el autor.

Los cálculos basados en fórmulas de costos establecidos por la CREG, son realizados aritméticamente: paso a paso demostrativamente para cada caso y luego comparados con los resultados obtenidos para así validar la herramienta en Java. El autor aclara que dichos costos no deben ser comparados con las tarifas cobradas en las Zonas No Interconectadas de forma directa, ya que no se consideran los auxilios ni otros elementos causales de variación⁸.

⁷ HERMOSA ORTIZ, Hernando. Desarrollo de una aplicación para la determinación de costos de prestación del servicio eléctrico en las Zonas No Interconectadas – ZNI: Según resolución CREG 091–2007. Universidad de la Salle. Bogotá, 2011. 72-78.

⁸ *Ibid.* Pág 75.

En este mismo año Rafael Ladino investiga en su tesis de maestría las características ambientales, sociales, económicas y políticas en la vereda de Carupana, municipio de Tauramena en el departamento de Casanare, y la contribución al desarrollo rural cuando se adopta energía fotovoltaica⁹. Señala que una de las desventajas de la energía fotovoltaica es el mantenimiento de los equipos, debido a las grandes distancias, ya que el sistema emplea dispositivos con repuestos complejos de obtener en zonas rurales, dificultando mantener el servicio de forma constante. En el caso de deterioros significativos se desarrollan programas de mantenimiento integral y el usuario espera su turno. Además, se considera una vida útil de veinte años, aunque el reciclaje y reposición de baterías, paneles y otros instrumentos del sistema sea complejo.

En la investigación no se tiene un sistema de tarificación aclara el autor, la primera inversión es dada por el municipio; la instalación se hace con subsidios, extendiendo el tiempo porque los clientes potenciales deben esperar el presupuesto de las alcaldías, la asignación de recursos, entre otros trámites. Al momento de entregar el sistema fotovoltaico se capacita al usuario en la operación y cuidados adecuados, el usuario acepta el sistema como propio y la responsabilidad sobre este es compartida.

⁹ LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia: Caso: Vereda Carupana, Municipio de Tauramena, Departamento de Casanare. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. 104-114.

El autor concluye que los sistemas fotovoltaicos para generación de energía eléctrica pueden considerarse como alternativas positivas contribuyentes al desarrollo de comunidades alejadas del servicio eléctrico del tendido de red convencional. Para su instalación se requiere de altas inversiones por parte de entidades estatales, o cooperación privada; aunque deben establecerse políticas y mecanismos de conservación con el objetivo de preservar el funcionamiento correcto del sistema a largo plazo, debido a la falta de programas de seguimiento y mantenimiento hace al sistema obsoleto, y se desconocería el impacto real en la población elegida para llevar la tecnología.¹⁰

Más tarde en 2012 Ana Caballero y Ernesto Cantillo describen el proceso logístico de un proyecto de energía solar fotovoltaica en una región apartada a la red eléctrica convencional: Kantinurwa¹¹ un pueblo indígena ubicado en la Sierra Nevada de Santa Marta. En este caso el sistema es construido por una empresa privada colombiana, quien al momento de realizar su oferta se basa en: costos de mano de obra, de equipos, de transporte y de herramientas para la instalación.

¹⁰ Ibíd. Pág. 106.

¹¹ CABALLERO, Ana, CANTILLO, Ernesto, Logística para la construcción de sistemas solares fotovoltaicos en zonas no conectadas a la red pública: caso Kantinurwa. En: 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Julio 23-27 2012; 10 p

En el caso Kantinurwa estudiado por Caballero y Cantillo la empresa constructora no tiene en cuenta factores influyentes en el desarrollo del proyecto propios de la zona como son las condiciones del terreno de acceso al resguardo, ausencia de señal de comunicación entre el resguardo y el resto del país, tiempos de transporte hasta el resguardo y las condiciones climatológicas que dificultaron el ingreso a la zona.

El artículo señala a grandes rasgos las dificultades que se pueden presentar al momento de instalar un sistema solar fotovoltaico en zonas alejadas a la red eléctrica, son principalmente variables incontrolables: ambientales, políticas, condiciones de acceso, cambios de mercado, culturales. Para el caso de estudio se tenía previsto 9 semanas de trabajo, aunque en la experiencia real se genera una demora adicional de 4 semanas aproximadamente, ya que influyen las restricciones del entorno, causando un aumento del 10% en los costos, perjudicando la utilidad del proyecto.¹²

Debido a lo anterior, se aconseja para la planeación de proyectos en zonas rurales incluir factores característicos de cada región a beneficiar con la propuesta.

¹² Ibíd. Pág. 9.

2.3 EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Con el fin de asegurar si se justifican las inversiones realizadas a un proyecto en específico, y la conveniencia a sus beneficiarios, es importante examinarlas detenidamente previo a tomar decisiones y realizar movimiento de recursos; para esto se lleva a cabo una planeación adecuada, la cual exige información económica, financiera, social y ambiental de los proyectos a realizar.

Al evaluar un proyecto se establece la inversión necesaria, los costos asociados y las ganancias que se generarían en un tiempo determinado, esto se hace con el fin de demostrar si el proyecto es viable financieramente.

Al realizar el diagnóstico de la dimensión de los activos y el capital de trabajo que necesita la empresa para su funcionamiento, en el tiempo de vida del proyecto se tienen etapas de las cuales la primera es el inicio del proyecto en la que se causan una serie de egresos con el fin de invertir en los bienes necesarios para comenzar el proyecto, la segunda consta de costos e ingresos generados por la operación del proyecto y la tercera etapa en la cual se cumple el objetivo del proyecto se procede a su liquidación lo cual se traduce en entradas de dinero.¹³

¹³ VILLAREAL, Arturo. Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. Grupo Editorial Norma, Bogotá, 1996. 400 p.

2.3.1 Inversiones: Generalmente las inversiones se realizan al inicio de cada proyecto, sin embargo, durante la ejecución del mismo en ocasiones se hace necesaria la reposición de equipos, ampliación de capacidad, u otros costos asociados a la operación del mismo.

Las inversiones que se realizan al inicio del proyecto se catalogan en¹⁴:

- Inversiones Fijas: son de uso exclusivo y su finalidad no es la comercialización, son el principal apoyo para el desarrollo del proyecto, son principalmente los terrenos, las construcciones, las máquinas, las herramientas, bienes tangibles, etc.
- Inversiones Diferidas: son los servicios que son necesarios pagar para la puesta en marcha del proyecto, estos son previos al inicio del proyecto y pueden ser prorrateados en el tiempo de vida del proyecto, algunas inversiones de este tipo suelen ser estudios previos, técnicos, económicos, legales, ambientales, gastos financieros o relacionados con la formación del personal, entre otros.
- Capital de Trabajo: Es el dinero que se cuenta en el proyecto a corto plazo, con el fin de cubrir imprevistos; este valor es el de los recursos para operar el proyecto si cancelan todas las deudas a corto plazo, es el dinero en efectivo, inventarios, cartera a corto plazo, etc.

¹⁴ MIRANDA, Juan José. Gestión de Proyectos. Quinta edición, 2005. Pág. 177

2.3.2 Costos de Operación: En la ejecución del proyecto se causan una serie de costos para su correcto funcionamiento, los cuales se pueden clasificar en tres grandes grupos: costos de fabricación, administrativos y costos de ventas¹⁵.

- Costos de fabricación: Son los costos que están relacionados directamente con la producción de los bienes o la prestación del servicio, algunos de estos costos son los de materia prima, materiales directos, mantenimiento, seguros de maquinaria, impuestos, arriendos y mano de obra que participan en la elaboración de los productos.
- Gastos Administrativos: Comprende los sueldos y prestaciones de la nómina administrativa, las pólizas que protegen las edificaciones y equipos administrativos, útiles de oficina, gastos de representación, comunicaciones, movilidad, investigación y desarrollo, etc.
- Gastos de Ventas: Contiene los sueldos y comisiones de vendedores, impulsadoras, ejecutivos y supervisores de ventas, viajes, viáticos, publicidad, papelería y atención a clientes, entre otros.

¹⁵ Ibíd. Pág. 187.

2.3.3 Ingresos: Estos constan del dinero que se recibe por la venta, prestación de bienes o servicios, o en el caso de finalizar el proyecto la liquidación de las propiedades, y se espera como mínimo abarquen las inversiones, costos y gastos.

2.3.4 Flujo de Caja: El objetivo principal de este estado financiero es brindar información financiera del proyecto para tomar decisiones¹⁶, además de establecer si el riesgo y la inversión en el proyecto se subsanan con los ingresos generados por el desarrollo del mismo.

Es el capital que estará a disposición de la empresa luego de cubrir las inversiones en activos fijos, fondos operativos y obligaciones financieras, el esquema general del flujo de caja es:

UTILIDAD NETA

+Depreciación

+Amortización

+Intereses de deuda

FLUJO DE CAJA BRUTO

-Inversión para reposición de activos fijos

-Incremento en el Capital de Trabajo

FLUJO DE CAJA LIBRE

¹⁶ GARCÍA, Oscar León. Administración Financiera: Fundamentos y Aplicaciones. Tercer edición. Pág. 14

2.3.5 Costo de Capital (WACC): Es el costo que involucra poseer activos y es el beneficio mínimo que deben producir. Se determina como el costo promedio ponderado de las diferentes fuentes usadas para financiar la adquisición de activos de la empresa. Para su cálculo intervienen 3 elementos¹⁷:

- Costo del Patrimonio.
- Costo de la Deuda.
- Estructura Financiera

Y se expresan de la siguiente manera:

$$WACC = \frac{D}{D + P} Kd + \frac{P}{D + P} Kp$$

Dónde:

D = Valor de la deuda

Kd= Costo de la deuda

P = Valor del Patrimonio (Capital)

Kp= Costo del Patrimonio

¹⁷ GARCÍA, Oscar León. Valoración de Empresas, Gerencia del Valor y EVA. Segunda edición. Pág. 251

La estructura financiera es la relación existente entre la deuda y el capital de la empresa, el costo de la deuda es la tasa de interés cobrada por la financiación realizada, mientras que el costo del patrimonio es un referente y a su vez es el más complejo de calcular, la forma más utilizada es el modelo Capital Assets Pricing Model (CAPM)¹⁸.

❖ **Modelo CAPM**

El modelo CAPM o Valoración de Activos de Capital define la rentabilidad adecuada de un bien como la tasa de interés libre de riesgo adicional del producto entre la prima de riesgo del mercado y la beta apalancada del sector¹⁹. Es decir:

$$K_d = K_L + (K_M - K_L) \times \beta$$

Dónde:

K_d = Costo del patrimonio

K_L = Rentabilidad libre de riesgo del mercado

K_M = Rentabilidad del mercado

β = Medida del riesgo específico de la empresa

¹⁸ *Ibíd.* Pág. 251

¹⁹ *Ibíd.* Pág. 252

El riesgo de los inversionistas es sistemático, si se conoce este riesgo del activo se puede utilizar el modelo CAPM, también se utiliza el coeficiente beta. Aunque si el beta es igual a 1 significa que el activo tiene el mismo riesgo del mercado.

Beta del sector (β): Evalúa la sensibilidad de los movimientos de la empresa en relación a los cambios del mercado²⁰.

Tasa libre de riesgo: Son alternativas de renta fija, asociado a un menor riesgo. Para su cálculo se usa la tasa de los bonos del tesoro nacional americano.

2.3.6 Criterios de decisión: En el análisis financiero es ineludible calcular parámetros de evaluación financiera, con el fin de examinar a fondo la incidencia que tienen en los futuros resultados del proyecto. Por ende, para la evaluación se establecen dos puntos principales, el primero de ellos es la identificación de los flujos de capital el cual es de suma importancia ya que se basa en la identificación, medición y valoración de los costos e ingresos asociados al proyecto y cada una de sus alternativas de inversión; el segundo es calcular los criterios de evaluación que nos llevan a encontrar los parámetros de rentabilidad comparables con diferentes opciones de inversión.

²⁰ Ibíd. Pág. 254

El primer paso se fundamenta en identificar cuáles serán las entradas y salidas en el instante en que se ocasionan, la evaluación se basa en determinar si el proyecto es atractivo, es decir si sus ganancias son superiores a sus costos y gastos. Los elementos involucrados en el flujo de caja son principalmente las entradas de dinero debido a la venta de bienes o servicios, las retribuciones generadas al invertir los excesos de efectivo en inversiones ocasionales, el valor de los activos fijos al final del proyecto, las salidas de dinero realizadas en las inversiones al proyecto en el inicio de este, costos y gastos que son generados a lo largo del proyecto como la reposición de equipos o el aumento de la capacidad del servicio o de producción. Los flujos de dinero se ubican al final de cada periodo con el objetivo de facilitar los cálculos y es necesario usar su valor real y el costo de oportunidad asociado, el cual es la tasa mínima de interés que el inversionista espera del proyecto, existen diferentes maneras de considerar esta tasa, las cuales pueden ser según las transacciones que ocurren en los mercados de capitales (comercialización de bonos, acciones, títulos valor, etc), tasas de interés financieras aplicadas a cuentas de ahorro o Certificados de Depósito a Término Fijo, los estados financieros de las empresas, además de las tasas libres de riesgo.

Aunque en algunas empresas se promueven proyectos con alternativas inciertas, existen herramientas de evaluación que facilitan su análisis y por ende la toma de decisiones. El segundo paso es el cálculo de los criterios de decisión como los son

el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación costo-beneficio y el tiempo a recuperar la inversión.

- ✓ **Valor Presente Neto:** Es el valor resultante de sustraer a los flujos de caja futuros generados por el proyecto la suma de inversiones en valor presente.

$$VPN = \sum_{n=0}^n \frac{VPF_n}{(1+i)^n} - \sum_{n=0}^n \frac{VPE_n}{(1+i)^n}$$

La herramienta anterior nos da un valor en el que nos basamos para la toma de decisiones, se han establecido criterios²¹ de referencia los cuales dicen que:

- Si el $VPN > 0$, el proyecto es factible
 - Si el $VPN = 0$, el proyecto es indiferente
 - Si el $VPN < 0$, el proyecto no es factible
-
- ✓ **Relación Costo-Beneficio**²²: Este indicador es usado primordialmente en proyectos públicos de inversión y se basa en el Valor Presente Neto. Para calcularlo se halla el valor presente de los ingresos generados y los egresos necesarios para el desarrollo del proyecto, luego se determina la relación existente entre el Valor presente de los ingresos y el Valor presente de las inversiones, dividiendo el primer monto dentro del segundo. Es decir:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN_i}{VPN_e}$$

²¹ GARCÍA, Oscar León. Administración Financiera: Fundamentos y Aplicaciones. Tercer edición. Pág. 560

²² VILLAREAL, Arturo Infante. Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. Pág 136

La relación costo-beneficio puede asumir diferentes valores como son:

- $B/C > 1$, Los beneficios del proyecto son superiores a sus costos, esto lo hace atractivo.
- $B/C = 1$, Los beneficios del proyecto son iguales a sus costos, esto lo hace indiferente.
- $B/C < 1$, Los beneficios del proyecto son inferiores a sus costos, esto lo hace inviable y poco atractivo.

✓ **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es la tasa interés que hace iguales los ingresos y los egresos del proyecto, es decir cuando el Valor Presente Neto es cero.

$$\sum_{n=0}^n \frac{VPF_n}{(1+i)^n} - \sum_{n=0}^n \frac{VPE_n}{(1+i)^n} = 0$$

El valor de la TIR se halla despejando i cuando $VPN=0$. Si la evaluación del proyecto se hace en base a la Tasa Interno de Retorno, será viable si la TIR es superior al Costo de Capital de la empresa.

3. VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA AL MODELO DE EVALUACIÓN FINANCIERA

La ley Eléctrica 143 de 1994: Régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional establece en su Artículo 11 la definición de Zona No Interconectada como el Área geográfica en donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional – SIN.

Las zonas no interconectadas tienen como característica fundamental ser poblaciones que están alejadas de los centros que concentran la mayor población colombiana y estar ubicadas en lugares que presentan grandes limitaciones en materia de red vial, tanto en el ámbito urbano como rural. El transporte empleado en las ZNI es terrestre, fluvial, marítimo y aéreo y depende en gran medida de la temporalidad del año.

En los meses de Julio a Septiembre de 2013 los equipos de proyectos se reúnen con las alcaldías, gobernaciones y operadores de red en 6 de las diferentes Zonas No Interconectadas, con el fin de identificar las necesidades de energía eléctrica en los diferentes corredores rurales y la alternativa adecuada para cada uno, recopilando la información en un banco de proyectos susceptibles a estructurar.

En los departamentos de Meta se identifican 4 proyectos, en Casanare 22 proyectos, en Arauca 32, en Santander 16, en Norte de Santander 29 y en la Guajira 21. Se identifican en total 124 posibles proyectos con un total de 4.729 usuarios.

Recopilada la información la UIS con el apoyo conjunto del IPSE determinan los proyectos prioritarios y viables a estructurar, los cuales son 4 proyectos en el departamento de Meta, 7 en Casanare, 8 en Arauca, 9 en Santander, 9 en Norte de Santander y 7 en la Guajira para un total de 44 proyectos y 1.757 beneficiarios, es decir el 35,5% de los proyectos identificados en la fase inicial son favorecidos para estructuración.

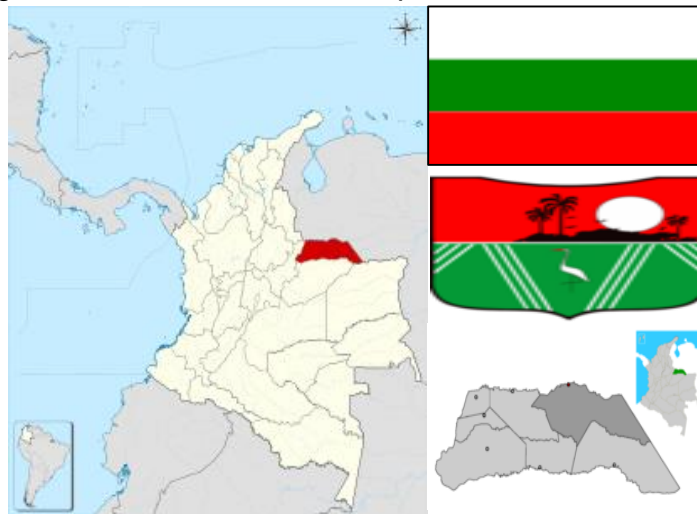
El estudio financiero se orienta a establecer los costos de operación, mantenimiento e inversión, se mostrarán a manera de ejemplo los cálculos realizados en la Vereda Las Plumas del Municipio de Arauca. Se escoge esta vereda debido al alto nivel de complejidad presentado durante el estudio técnico, además es la más representativa y contempla las principales características analizadas en la mayoría de proyectos.

Los demás 43 proyectos se estructuraron y presentaron al Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE) para su posible ejecución.

Los valores aquí presentados son aproximados, ya que son establecidos por los autores del modelo. Lo anterior significa que los resultados arrojados por el modelo son viables y reales.

El municipio de Arauca es la capital del departamento de Arauca, está ubicado en la región de Orinoquía, su topografía se caracteriza por ser llanura plana, y escasez de bosque²³.

Figura 3. Ubicación del municipio de Arauca en Arauca.



El municipio de Arauca se encuentra ubicado en el departamento de Arauca con una temperatura promedio de 30 °C, a una altitud de 125 msnm, con una superficie total de 584.142²⁴ Km². La vereda Las Plumas pertenece al corregimiento El Caracol, con una población asociada aproximadamente de 104 personas al momento de la identificación de los proyectos, se benefician con la ejecución del proyecto aproximadamente 26 familias.

²³Página Web Alcaldía municipal Arauca. Disponible en: <https://www.arauca-arauca.gov.co/Institucional/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx> Consultado: 17 de Noviembre de 2014.

²⁴ Ibíd.

Los proyectos de generación de energía fotovoltaica se ven afectados por diferentes variables económicas, sociales y ambientales. Para los casos estructurados la influencia financiera la realizan variaciones en Índices como el IPP (Índice de Precios al Productor) y el IPC (Índice de Precios al Consumidor), ya que los precios se ajustan con estas tasas al mes de Octubre de 2013 en precios constantes.



3.1 VARIABLES DE ENTRADA

Las variables influyentes en la evaluación financiera pueden ser de entrada o salida. Las variables de entrada es decir la información base para realizar los cálculos, están dadas por el número de beneficiarios, las inversiones, tasa de descuento, costos de mantenimiento, costos de administración, y estos a su vez por el diseño específico de la solución fotovoltaica para cada caso de generación eléctrica.

3.1.1 Solución Fotovoltaica Vivienda: El diseño se realiza con base en las necesidades de energización de viviendas rurales de las diferentes veredas estudiadas. Con base a la información recolectada se establece la cantidad y características de los componentes de las soluciones fotovoltaicas propuestas. En la Tabla 1 se muestra el diseño de Solución Fotovoltaico para una vivienda de la vereda las Plumas del municipio de Arauca del departamento de Arauca, las fotos tomadas se presentan en el Anexo A.

Los cálculos realizados para diseñar el sistema fotovoltaico son los siguientes:

Tabla 1. Cuadro de Cargas Sistema Individual Vivienda.



 Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas	ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE LA GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE			 Universidad Industrial de Santander	
DATOS GENERALES					
Nombre Proyecto	ELECTRIFICACION RURAL CON GENERACION FOTOVOLTAICA INDIVIDUAL EN LA VEREDA LAS PLUMAS				
Municipio	Arauca				
Vereda	Las Plumas				
Coordenadas Muni	latitud N 07° 05' 25" longitud W 70° 45' 42"				
Sector	Rural	Estrato	1		
CUADRO DE CARGAS					
Descripción	Pot (W)	V AC	A AC	H (Uso)	AH-Día
Nevera	100	120	0,83	8	6,67
Televisor	70	120	0,58	3	1,75
Cerca Electrica	2,5	120	0,02	24	0,50
Bombillas (3)	55	120	0,46	3	1,38
Toma Corriente (3)	270	120	2,25	3	6,75
Ventilador	60	120	0,5	5	2,50
Total	557,5				19,54

Los análisis realizados por el equipo técnico en las visitas a las viviendas de las diferentes veredas determinan las prioridades de energización a proveer con los Sistemas Fotovoltaicos. En la Tabla 1 se muestran los datos generales²⁵ de la vereda estudiada, el diseño se adecuó a las demás veredas según sus necesidades.

²⁵ Equipo técnico asignado a la vereda Las Plumas diagnosticó y estableció los aparatos eléctricos según las necesidades observadas en las viviendas.

El cuadro de cargas eléctricas incluye las especificaciones técnicas de los electrodomésticos y las herramientas necesarias para los beneficiarios de una vivienda de la Vereda las Plumas tales como: Nevera, Televisor, Cerca Eléctrica para el uso ganadero o agropecuario, 3 Bombillas ahorradoras, un ventilador y tres toma corrientes adicionales. Con base en el cálculo de la Potencia en Watts (W), se realizan los cálculos eléctricos mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculos Eléctricos para el Sistema Fotovoltaico.

 <p>IPSE Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas</p>	ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE LA GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE			 <p>UIS Universidad Industrial de Santander</p>
DATOS GENERALES				
Nombre Proyecto	ELECTRIFICACION RURAL CON GENERACION FOTOVOLTAICA INDIVIDUAL EN LA VEREDA LAS PLUMAS			
Municipio	Arauca			
Vereda	Las Plumas			
Coordenadas Municipio	Latitud N 07° 05' 25" Longitud W 70° 45' 42"			
Sector	Rural	Estrato	1	
CALCULOS ELECTRICOS				
Potencia Pico (W)	557,5	Voltaje de trabajo en DC (V)	12	
Corriente Pico AC (A)	4,65	Voltaje de Alimentación AC (V)	120	
Consumo Total AH-Día (AC)	19,54	Días de Autonomía	2,5	
Consumo Promedio Diario Wh/día	2345	Radiación Solar - Horas de Sol Pico (HPS) de mes critico	4,5	
Consumo Promedio Diario Wh/día- Corregido	2580			
Consumo Promedio Diario Ah/día DC	195,42			
Consumo Promedio Diario Ah/día DC Corregido	214,96	Factor de Seguridad	10%	

Con las características de los equipos, la estandarización de los productos y el tipo de instalación eléctrica (monofásico de corriente alterna a 120V), se calcula la

Potencia Pico de 557,526 Watts, la Corriente Pico de 4,6527 Amperios, los consumos totales de 19,5428 Corriente Alterna, el consumo promedio diario con un factor de seguridad del 10%²⁹, 2,5³⁰ días de autonomía de las baterías y un promedio de 4,5³¹ Horas de Sol Pico (HPS), se establecen las características mínimas de cada uno de los componentes del Sistema Fotovoltaico (Módulo, Baterías, Regulador de Carga, Inversor) y las cantidades de cada uno de ellos, los resultados se presentan anteriormente en la Tabla 2.

- Módulo Fotovoltaico:

Tabla 3. Dimensionamiento Módulo Fotovoltaico.

CARACTERISTICAS Y SELECCIÓN DE MODULOS FOTOVOLTAICOS			
CARACTERISTICAS		SELECCIÓN DEL NUMERO DE MODULOS	
Modulo	220Wp	Eficiencia	90%
Wp (W)	220	Generación Por Modulo (Wh/Día)	990
Vmax (V)	30	Generación Corregida(Wh/Día)	893,5
Voc (V)	35,6	Módulos Requeridos	2,89
I Max (A)	7,4	Módulos Paralelo	3
Isc (A)	8,1	Generación Wh Día	2680,4

²⁶ Potencia pico es el resultado de la suma de potencia de todos los electrodomésticos contemplados a energizar por la solución fotovoltaica individual.

²⁷ Corriente pico es la suma de las corrientes alternas de cada aparato eléctrico dimensionado.

²⁸ Corriente Alterna total por día resulta luego de la suma de multiplicar la corriente alterna individual y la cantidad de horas individuales contempladas de uso.

²⁹ Se admite el factor de seguridad considerado por el equipo técnico asignado a la vereda las Plumas liderado por el Ingeniero Wilmar Morales.

³⁰ Días contemplados según especificaciones técnicas de la batería.

³¹ Mapa de radiación solar global promedio multianual mes de diciembre, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Ministerio de Minas y Energía.

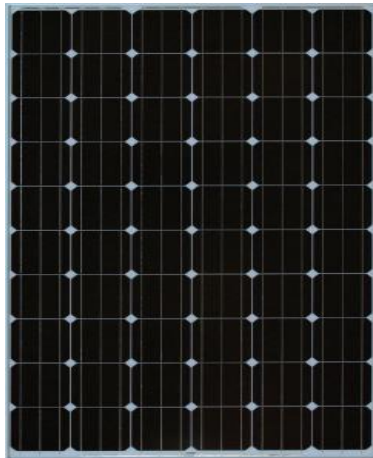
Las características del Módulo Fotovoltaico establecido para la Solución Fotovoltaica para viviendas rurales de la Vereda Las Plumas, se muestran en la Tabla 3 la Potencia Pico de 220 Wp que corresponde al valor de la potencia generada en condiciones de prueba estándar, basados en normas internacionales. La tensión en el punto de máxima potencia es de 30 V, la tensión generada en circuito abierto Voc es de 35,6V, la corriente en el punto de máxima potencia es de 7,4 A y la corriente de corto circuito es de 8,1 A. Al igual se considera una eficiencia para el modulo del 90%³².

Con base a los datos anteriores del módulo y las Horas promedio de radiación se determina la generación de energía por módulo en Watts/día, esta se afecta por los rendimientos de las baterías (95%) y el inversor (95%), ya que los módulos fotovoltaicos deben generar una mayor energía para compensar los rendimientos enunciados, esta energía es la generación corregida.

Luego de calcular el consumo promedio diario corregido, se establece la cantidad de módulos necesarios, evaluando el mercado, y según especificaciones y requerimientos técnicos. Para las viviendas de la vereda Las Plumas se propone el módulos fotovoltaico de 220 W que se muestra en la Figura 4.

³² Dato promedio extraído de especificaciones técnicas del módulo.

Figura 4. Módulo Fotovoltaico.



Modelo	220
Potencia Máxima	220 W
Tensión Máxima	30 V
Corriente Corto	8,1 A
Tensión Circuito	36,6 A
Corriente Máxima	7,4 A
Eficiencia	13,50%
Tipo de Celda	Monocristalino Silicio
Celdas	60 en serie
Peso	18,7 Kg
Dimensiones	1650*990*50 mm

Fuente: yinglisolar.com

○ **Batería:**

En los cálculos del sistema de acumulación se estudió el consumo promedio diario, la profundidad de descarga máxima antes de su desconexión, los días de autonomía de la batería y el factor de corrección de temperatura. En la Tabla 4 se presentan los resultados de los cálculos para dimensionar el sistema de acumulación de energía del sistema fotovoltaico.

Tabla 4. Dimensionamiento Sistema Acumulación

BATERIA 150 (Ah)	
Consumo Promedio Diario Ah/día DC Corregido	214,96
Días de Autonomia	2,00
Profundidad de Descarga Máxima Estacional	70%
Factor de corrección de Temperatura	1,00
Capacidad nominal de la batería (Ah)	614,2
Numero de Baterias de 100 Ah	5,0

El sistema fotovoltaico para cada vivienda de la vereda Las Plumas necesita de cinco baterías de 100 Ah. Las especificaciones se muestran en la Figura 5.

Figura 5. Batería 100 Ah



Modelo	BT-HSE-150-12
Tensión	12 V
Capacidad	150 Ah
Peso	45,8 Kg
Dimensiones	240*482*171 mm
Tipo	Gel

Fuente: www.baote-battery.com

- Regulador:

Se calcula la máxima corriente que debe soportar el regulador a su entrada y salida, para dimensionar el regulador.

La corriente de entrada al regulador es el resultado del producto de la corriente de cortocircuito del módulo, el número de módulos en paralelo y el factor de seguridad del regulador³³.

³³ Metodología usada por el equipo técnico asignado a la vereda las Plumas según indicaciones del ingeniero líder Wilmar Morales.

Tabla 5. Dimensionamiento Regulador de Carga

REGULADOR DE CARGA	
Corriente de cortocircuito de un módulo (A)	8,1
Número de Módulos en Paralelo	3
Factor de seguridad del Regulador	1,20
Corriente de Entrada del Regulador (A)	29,16
Rendimiento del Inversor	95%
Corriente de Salida del Regulador (A)	58,68

Para las viviendas rurales de la vereda Las Plumas se determina el uso de un regulador de 60³⁴ A, las especificaciones se muestran en la Figura 6.

Figura 6. Regulador



Modelo	FlexMax
Corriente	60A
Tensión	12V
Peso	5,3 Kg

Fuente: www.technosun.com

³⁴ Valor de corriente a regular resultante de la energía generada por cada módulo, la cantidad de módulos y su respectiva eficiencia. Metodología aplicada por el equipo técnico encargado de estructurar la vereda Las Plumas.

- Inversor:

Se calcula la sumatoria de las potencias de las cargas de corriente alterna, en este caso es de 557,5 W para una vivienda rural de la vereda las plumas, y se aplica un margen de seguridad del 20%. En la Tabla 6 se presentan los cálculos para el dimensionamiento del inversor.

Tabla 6. Dimensionamiento del Inversor.

SELECCIÓN DEL INVERSOR			
Potencias de las cargas de alterna (W)	557,50	Factor de seguridad	1,2
Potencia del Inversor Seleccionado (W)			673

Según las necesidades de potencia se selecciona un inversor de 800³⁵W, sus especificaciones se muestran en la Figura 7.

Figura 7. Inversor.



Modelo	PI-800
Voltaje Entrada CD	10-15 V
Voltaje Salida AC	110 V
Potencia Pico	800 W
Potencia Continua	1600 W
Peso	1,36 Kg
Eficiencia	>85%

Fuente: www.solartronic.com

³⁵ Cifra sobreestimada resultante del producto de la potencia total y el factor de seguridad consensuado según criterios señalados por el equipo técnico.

- Materiales y equipos:

- ✓ Instalación de puesta a tierra: En caso de corriente transitoria peligrosa protege los equipos de daño súbito. Brinda seguridad a las instalaciones, equipos y bienes facilitando la correcta operación de los dispositivos. Bajo condiciones normales de operación estabiliza la tensión eléctrica a tierra.

En la puesta a tierra es necesario cable de cobre, varilla de cobre y soldadura de Cadwell, garantizando la puesta a tierra menor a $25\Omega^{36}$.

- ✓ Soportes: El módulo fotovoltaico necesita sostenerse a una determinada inclinación, para ello se instala una estructura en aluminio anodizado, y tornillos de acero inoxidable.
- ✓ Protección: La instalación fotovoltaica debe protegerse mediante un interruptor termo-magnético el cual protege en caso de sobrecarga y fallas, sus características son Breaker Termo-magnéticos de 12 V y 1 A.

En la estructuración se realizaron esquemas que se aplicaron a todos los proyectos y se adecuaron según las necesidades de cada comunidad, en la Tabla 7 se muestra un diseño de un sistema individual fotovoltaico por tipo de vivienda del sector rural, resultado de los cálculos eléctricos mostrados anteriormente, en el cual se involucran los siguientes componentes básicos:

³⁶ Materiales contemplados por el ingeniero líder del equipo técnico según criterios previos.

Tabla 7. Diseño de Sistema Individual Fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Kit de paneles solares de 220 Wp	3
Baterías de 12 V, 150 Ah	5
Regulador de Carga de 60 A	1
Inversor de 800 W	1
Soporte Paneles Solares	1
Sistema de Puesta a Tierra	1
Acometida	1

Para las viviendas de la vereda Las Plumas del municipio de Arauca en el departamento de Arauca se estructura una Solución Fotovoltaica compuesta de 3 Kit de paneles solares de 220 Wp (Módulo y Marco), 5 Batería de 150 Ah, 1 Regulador de Carga de 60 A, 1 Inversor de 800 W, 1 soporte de paneles solares, 1 Sistema de Puesta a Tierra, y 1 Acometida.

3.1.2 Variables de Entrada al modelo: Definido el diseño específico para la solución fotovoltaica de las viviendas rurales de la Vereda Las Plumas en Arauca, se analiza las variables de entrada influyentes en el modelo de evaluación financiera. Las variables se agrupan en inversiones, tasa de descuento, costos de mantenimiento y costos de administración.

Además de las variables mencionadas anteriormente la cantidad de beneficiarios influye en la evaluación, para el caso estudiado los beneficiarios son 26 familias del área rural, con aproximadamente 104 beneficiarios en total.

3.1.2.1 Inversiones

Figura 8. Esquema de Inversiones



Las inversiones se realizan al inicio del proyecto, constan de la compra, transporte e instalación de los equipos que componen el sistema fotovoltaico específico para cada vivienda, los cuales son los paneles solares, baterías, regulador de carga, inversor, soporte del panel, el sistema de puesta a tierra y la acometida.

3.1.2.2 Costos de Mantenimiento

Figura 9. Esquema Costos de Mantenimiento.



En la evaluación financiera se considera el costo de mantenimiento de los equipos, estos incluyen la limpieza de los dispositivos especialmente los paneles solares, la recarga de agua desmineralizada a las baterías la cual se debe realizar cada mes, el reemplazo de baterías cada 5 años, el reemplazo del inversor cada 10 años, el reemplazo del regulador cada 10 años, los ajustes de terminales de los diferentes dispositivos, viáticos y transporte.

3.1.2.3 Costos de Administración

Figura 10. Esquema Costos de Administración



Los costos de Administración incluidos en la evaluación financiera de soluciones fotovoltaicas a viviendas rurales de la vereda Las Plumas incluyen los salarios de: un Ingeniero Administrador, un Técnico Operador, un Asesor Legal, un Asesor Contable, y un Asesor Administrativo, el tiempo de trabajo asignado a esta vereda es porcentual y se detallará en el siguiente capítulo.

Además se incluye la administración de los inventarios, gestión de compras de los repuestos, el transporte para verificaciones e inspecciones, facturación, papelería y otros gastos. Estos valores se mostrarán en detalle en el siguiente capítulo.

3.1.2.4 Tasa de descuento (WACC)

En la evaluación financiera se proyectan flujos de capital a lo largo de la vida útil del proyecto, para tal fin se utiliza una tasa de descuento (WACC) o costo de capital. La resolución CREG 056 de 2009 establece la tasa promedio de capital según la tecnología de generación seleccionada, para evaluar proyectos de generación a partir de fuentes renovables se define una tasa de 14,69% más una prima de riesgo tecnológico del 3,5% instaurando el costo promedio de capital en 18,19³⁷%.

3.1.3 Variables de salida del modelo: A través de la evaluación financiera se conoce la viabilidad de los proyectos, al ingresar la información de las variables de entrada al modelo, realizar los cálculos y la proyección de los flujos, el modelo arroja variables de resultado. Las variables de salida dependen de la fluctuación de las variables ingresadas, estas se detallan a continuación.

³⁷ Resolución CREG 056 de 2009. Artículo 3: Valor de la tasa de retorno.

3.1.3.1 Valor Presente Neto:

El Valor Presente Neto (VPN) es el principal criterio de decisión de la evaluación financiera, el proyecto es viable si al realizar la proyección de los flujos y trasladarlos al año de la realización de la evaluación con base a un Costo promedio ponderado de capital (WACC) es mayor o igual a cero, si por el contrario su valor es menor a cero, indica que el proyecto es financieramente inviable.

3.1.3.2 Tasa Interna de Retorno:

La tasa Interna de Retorno se calcula con base a los flujos de caja libre anuales durante la vida útil del proyecto, es otro criterio de decisión importante, ya que al ser mayor al Costo promedio ponderado de capital (WACC) indica la viabilidad financiera del proyecto, siendo la rentabilidad superior a la estimada.

3.1.3.3 Tarifa de Cobro:

La evaluación financiera se realiza con el fin de analizar la viabilidad de los proyectos, y además, por medio de esta se busca establecer una tarifa de cobro a las alcaldías, gobernaciones o entes gubernamentales para definir políticas y planes de mantenimiento a los sistemas fotovoltaicos instalados. Debido a la experiencia se observó la necesidad de ejecutar mantenimientos e inspecciones a los dispositivos ubicados en las viviendas rurales de los diferentes proyectos para garantizar su vida útil.

4. DESARROLLO DE HERRAMIENTA Y CÁLCULO DE TARIFA

Establecidas las variables de entrada y salida, se recopilan los datos de cada una de ellas, se organizan y se agrupan. La herramienta desarrollada en Ms Excel solicita únicamente los valores de las variables de entrada y arroja los resultados en una hoja de Ms Excel.

4.1 RECEPCIÓN DE DATOS

La herramienta se desarrolla en Ms Excel, por medio de formularios en Macros, los cálculos, flujos de caja y resultados se guardan en hojas de cálculo de Ms Excel en el Anexo C. Herramienta Cálculo Tarifa de Cobro.

En la figura 11 se muestra el inicio de la herramienta en Ms Excel, en ella se incluye la imagen de una vivienda en zona rural sin vínculos al Sistema Interconectado Nacional.

El siguiente formulario solicita información del proyecto a evaluar, requiere la cantidad de viviendas a beneficiar, si la valoración contemplara los gastos por inversiones iniciales y el suministro de repuestos, además las cifras de los costos por vivienda de las inversiones iniciales para los beneficiarios de la vereda en este caso Las Plumas en Arauca y las guardará en una hoja de Ms Excel del mismo documento llamada: Datos de Entrada. La Figura 12 muestra la información requerida

Figura 11. Herramienta en Excel.

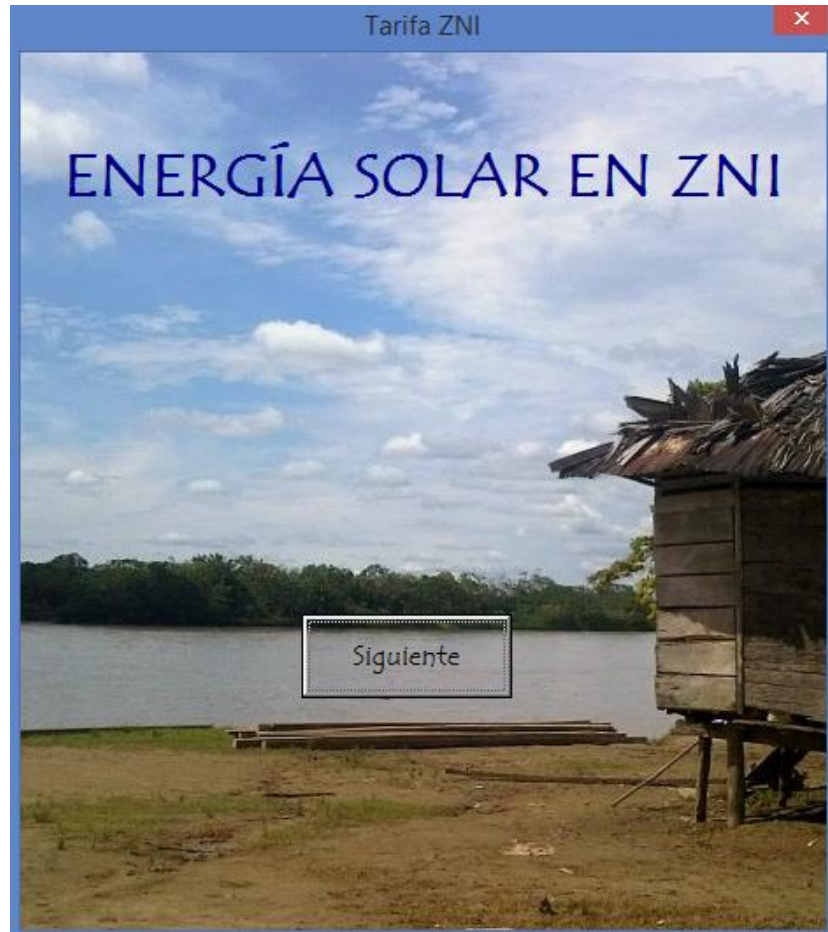


Figura 12. Ingreso Valores Inversiones Iniciales.

DATOS DE ENTRADA INVERSIONES (Costos por vivienda)	
¿El proyecto incluye Inversión Inicial? (Si / No)	Si
Cantidad viviendas beneficiadas	26
¿Suministrara Repuestos? (Si / No)	
Costo Paneles Solares	992101
Costo de las Baterías	958490
Costo de Reguladores de Carga	579818
Costo del Inversor	1251814
Costo Soporte del Panel	1069753
Costo Sistema Puesta a Tierra	944842
Costo de Acometida Sistema Fotovoltaico	533677

Ant Sig

El siguiente formulario solicita los datos de los costos de mantenimiento mensuales, entre ellos los de mantenimiento y revisión de determinados equipos críticos.

En la Figura 13 se muestran las cifras estimadas correspondientes a costos de limpieza del sistema fotovoltaico, el mantenimiento y revisión de la batería, el ajuste de las diferentes terminales, además del reemplazo (si es el caso) de la batería, el

regulador o el inversor. La mayoría de las cifras son extraídas del estudio realizado por la Corporación Ema y entregado a la CREG a finales del año 2012, dichos datos son actualizados a precios constantes de octubre de 2013 por medio del IPC mensual del año 2012 al 2013. Los demás datos son estimaciones realizadas por los ingenieros a cargo de realizar los cálculos técnicos de cada proyecto.

Figura 13. Ingreso Costos Mantenimiento.

The screenshot shows a software window titled "Costos de Mantenimiento" with a close button (X) in the top right corner. The main content area is titled "COSTOS" and "COSTOS DE MANTENIMIENTO (Costos por vivienda)". It contains a list of maintenance items with corresponding input fields for their costs:

Item	Cost
Limpieza de módulo Solar	600
Mantenimiento a batería	600
Reemplazo de batería	2735179
Reemplazo del Regulador	185531
Reemplazo del Inversor	828573
Ajuste terminales Regulador	500
Ajuste terminales Inversor	500
Viáticos y Transporte	100000

At the bottom of the window, there are two yellow buttons labeled "Ant" and "Sig".

El siguiente formulario solicita los datos de los costos administrativos mensuales, entre ellos los salarios mensuales de los diferentes colaboradores del mantenimiento y seguimiento a las instalaciones del proyecto.

En la Figura 14 se muestran las cifras estimadas correspondientes a los salarios, la gestión de inventarios, compra de repuestos, transportes, entre otros gastos. Las cifras ingresadas de los salarios son del ingreso neto de los trabajadores, en los cálculos internos mostrados más adelante se incluyen los factores prestacionales y la equivalencia de tiempo de trabajo dedicada al proyecto de la vereda Las Plumas específicamente.

Figura 14. Ingreso Costos Administrativos.

The screenshot shows a software window titled "Costos Administrativos" with a close button in the top right corner. The main content area is titled "COSTOS" and "COSTOS ADMINISTRATIVOS (Costos por vereda)". It contains a list of administrative cost categories, each with a corresponding input field containing a numerical value. At the bottom, there are two buttons: "Ant" and "Terminar".

Categoría	Valor
Salario Administrador	568800
Salario Técnico Operario	443190
Salario Asesor Legal	79000
Salario Asesor Contable	79000
Salario Asesor Administrativo	79000
Administración de Inventarios	79000
Gestión Compra de Repuestos	79000
Transporte para Verificación e Inspección	100000
Facturación de Servicio	3000
Papelera	30000
Otros Gastos	

4.2 REGISTRO DE INFORMACIÓN

4.2.1 Inversiones: La información se almacena en hojas de cálculo en el archivo de Ms Excel luego de ser ingresados en los formularios. En la Tabla 8 se muestra la información de las inversiones realizadas al inicio del proyecto de generación de energía fotovoltaica, los valores han sido ingresados previamente en el cuadro mostrado en la Figura 12. Ingreso de Valores Inversiones Iniciales, ya que estas inversiones no se involucran en el cálculo de la tarifa de cobro de mantenimiento, cabe resaltar que si aportan a la evaluación financiera.

Tabla 8. Inversiones iniciales.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE		
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD		
EVALUACIÓN FINANCIERA		
Cantidad de beneficiarios	104	
Inversiones	Costos Totales Comunidad	Costo por Vivienda
Suministro, transporte e instalación del Sistema de Paneles Solares 220 Wp	\$25.794.626	\$992.101
Suministro, transporte e instalación de baterías 12 V	\$24.920.746	\$958.490
Suministro, transporte e instalación del regulador de carga 60 A	\$15.075.269	\$579.818
Suministro, transporte e instalación del Inversor de 800 W	\$32.547.174	\$1.251.814
Suministro, transporte e instalación del Soprote para Panel Solar	\$27.813.586	\$1.069.753
Suministro, transporte e instalacion del Sistema Puesta a Tierra	\$24.565.895	\$944.842
Suministro, transporte e instalación de acometida sistema fotovoltaico	\$13.875.607	\$533.677
Total Inversiones	\$164.592.902	\$6.330.496

Las cifras ingresadas en la evaluación financiera del proyecto son resultado de la investigación de mercado realizada por el equipo técnico del Contrato UIS – IPSE asignado a cada vereda, basados en el estudio realizado por la Corporación

CorpoEma³⁸ para la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG en el año 2012 y se considera el costo de materiales, mano de obra, transporte, maquinaria y equipo para 26 familias con un total de 104 beneficiarios en la vereda Las Plumas.

4.2.2 Costos de Mantenimiento: En los costos de mantenimiento presentados en la Tabla 9 se registran los costos mensuales estimados³⁹ por vivienda de la vereda Las Plumas, los cuales consideran:

- Limpieza de módulos solares cada 3 meses.
- Mantenimiento a baterías, consiste en recargar el agua desmineralizada de la batería y su respectiva limpieza mensualmente.
- Reemplazo de baterías: considera un cambio cada cinco años, se estima un precio de 183.545 por cada una, las 15 baterías suman en total \$2'735.179.
- Reemplazo del regulador cada diez años, se estima un precio de \$185.531 según el tipo de regulador a emplear.
- Reemplazo del Inversor cada diez años, se valora en un precio de \$828.573.
- Ajuste de terminales se considera cada 6 meses con un costo unitario de \$1.000.
- Costo de Viáticos y Transporte: Se estiman en \$100.000 por viaje de dos personas, se consideran 5 días en los que se recorren las 26 instalaciones.

³⁸ Determinación de Inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables. Presentado a CREG por Corporación Ema. Bogotá. Diciembre 13 de 2012.

³⁹ Cifras según análisis del equipo técnico basado en proyectos anteriores y estudios como el presentado a la CREG por CorpoEma (Anexo 3).

Tabla 9. Costos de Mantenimiento.

Costos de Mantenimiento	Costo Vivienda
Limpieza del modulo solar	\$600
Recargar agua desmineralizada en la batería	\$600
Reemplazo de batería- Solo Suministros	\$2.735.179
Reemplazo de regulador- Solo Suministros	\$185.531
Reemplazo de Inversor-Solo Suministros	\$828.573
Ajuste de terminales del Regulador	\$500
Ajuste de terminales del Inversor	\$500
Costo de Viáticos y Transporte	\$100.000
Total Costos Mantenimiento	\$3.851.483

4.2.3 Costos de Administración: La Comisión de Regulación de Energías y Gas (CREG) en documentos soportes de la resolución CREG 072 de 2013 plante el esquema para los costos de administración y mantenimiento de sistemas aislados fotovoltaicos considerando el personal, el tiempo porcentual dedicado a la comunidad en específico y los demás elementos mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10. Esquema salarial.

Concepto	Valor Mes	Valor más FP	% Tiempo	Valor Efectivo
Salario Ingeniero administrador	\$1.800.000	\$2.844.000	20%	\$568.800
Salario Técnico Operador	\$850.000	\$1.343.000	33%	\$443.190
Salario Asesor Legal	\$1.000.000	\$1.580.000	5%	\$79.000
Salario Asesor Contable	\$1.000.000	\$1.580.000	5%	\$79.000
Salario Asesor Administrativo	\$1.000.000	\$1.580.000	5%	\$79.000
Administración de inventarios	\$1.000.000	\$1.580.000	5%	\$79.000
Gestión de compras de repuestos	\$1.000.000	\$1.580.000	5%	\$79.000

El esquema salarial⁴⁰ considera un Factor Prestacional del 58%⁴¹ el cual aplica a los valores ingresados inicialmente en los formularios, la distribución del tiempo es según la dedicación al proyecto, en este caso el de mayor aporte porcentual es el tiempo del Técnico Operador seguido por el Ingeniero Administrador. Luego de aplicar estos dos porcentajes se obtiene el valor mensual aproximado correspondiente a la vereda Las Plumas, los datos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Costos de Administración.

Costos de Administración	Costo Total Vereda
Salario Ingeniero administrador	\$568.800
Salario Técnico Operador	\$443.190
Salario Asesor Legal	\$79.000
Salario Asesor Contable	\$79.000
Salario Asesor Administrativo	\$79.000
Administración de inventarios	\$79.000
Gestión de compras de repuestos	\$79.000
Transporte para verificación e inspección	\$100.000
Facturación de servicio	\$3.000
Papelería	\$30.000
Otros gastos	
Total Costos Administración	\$1.539.990

Entre los costos de administración se incluye el transporte mensual a la vereda para verificaciones e inspecciones, la facturación y gastos de papelería, el costo de administración mensual para la vereda asciende a \$1'539.990.

⁴⁰ Estructura diseñada conjuntamente con el ingeniero líder y su equipo técnico de la vereda Las Plumas, las cifras son basadas en salarios promedio por cargo. Se realiza una asignación porcentual de tiempo según la dedicación a actividades de cada comunidad.

⁴¹ Cifra estimada según legislación laboral.

4.3 CÁLCULO TARIFA COBRO

El cálculo de la tarifa de cobro del operador de red se presenta en las Tablas 12 y 13, y se hace con base en el flujo de caja de las variables de ingreso, sin embargo las inversiones iniciales son excluidas ya que el objetivo es hallar una tarifa para prestar el servicio de mantenimiento, verificación y seguimiento a las instalaciones de las soluciones fotovoltaicas partiendo de la premisa que las inversiones ya se realizaron por parte del estado Colombiano a través del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas FAZNI. En esta tarifa el operador de red asume el costo de suministrar los repuestos.

Tabla 12. Tarifa de Cobro con repuestos.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE	
ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Tasa de descuento (WACC)	18,19%
Con Inversión	NO
Con Suministro de repuestos	SI
Tarifa Mensual	\$22.399
VPN	-\$0

La tarifa de cobro mensual propuesta se establece con el fin de incentivar el mantenimiento, seguimiento y revisión de los equipos suministrados, dicho valor no será cancelado por los beneficiarios; por el contrario la principal motivación del presente proyecto es incentivar a los entes gubernamentales al igual que a las empresas privadas a apoyar la sostenibilidad de los proyectos a través de su responsabilidad social.

Tabla 13. Flujo de Caja Tarifa de Cobro con repuestos.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EVALUACIÓN FINANCIERA																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FLUJO DE CAJA																					
Ingresos																					
Tarifa de cobro	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	
TOTAL INGRESO	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	6.988	
Egresos																					
Costos de Mantenimiento																					
Limpieza del módulo solar	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
Recargar agua desmineralizada en la batería	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	
Reemplazo de batería	-	-	-	-	7.111	-	-	-	-	7.111	-	-	-	-	7.111	-	-	-	-	-	-
Ajuste de terminales del Regulador	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
Ajuste de terminales del Inversor	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
Costo de Viaños y Transporte	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	
Reemplazo de Regulador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.824	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Reemplazo de Inversor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Subtotal Costo de mantenimiento	952	952	952	952	8.063	952	952	952	952	21.430	952	952	952	952	8.063	952	952	952	952	952	
Costos de Administración																					
Salario Ingeniero administrador	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	
Salario Técnico Operador	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	
Salario Asesor Legal	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	
Salario Asesor Contable	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	
Salario Asesor Administrativo	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	
Administración de inventarios	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	
Gestión de compras de repuestos	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	
Transporte para verificación e inspección	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
Facturación de servicio	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Papelaría	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Otros gastos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Subtotal Costo de Administración	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	
TOTAL COSTOS DE A&M	5.572	5.572	5.572	5.572	12.683	5.572	5.572	5.572	5.572	26.050	5.572	5.572	5.572	5.572	12.683	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	
EBITDA	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$19.061	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	
Depreciación																					
Depreciación Módulo Solar	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	1.290	
Depreciación Regulador	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	1.508	
Depreciación Inversor	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	3.255	
Depreciación Batería	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	4.984	
TOTAL DEPRECIACIÓN	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	11.036	
Utilidad Antes de Impuestos	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 16.731	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 30.097	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 16.731	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 9.619	- 9.619	
IMPUESTO DE RENTA	25%																				
Utilidad Después de Impuestos	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$19.061	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	
Otros Ingresos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Otros Egresos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$0	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$19.061	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	-\$5.695	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	\$1.417	

Datos en Miles de pesos.

En la Tabla 13 se presentan los flujos de caja de los 20 años de vida útil del proyecto en la vereda Las Plumas. Se considera como único ingreso la Tarifa de cobro mensual calculada por medio de la función de Excel Análisis de datos buscando que el Valor Presente Neto de los flujos de caja sea mayor o igual a 0, garantizando un retorno del 18,19% de tasa de oportunidad esperada para el operador de red o entidad gubernamental, con el fin de calcular el flujo neto por usuario, siendo este de \$0, con una tarifa de cobro por vivienda de \$22.399.

Los egresos se componen de los costos de mantenimiento y los costos de administración, en los años 5, 10 y 15 se consideran el reemplazo de baterías y en el año 10 el reemplazo del regulador e inversor.

En el flujo de caja luego de restarle a los ingresos el total de los Costos de Administración y Mantenimiento se obtienen el EBITDA o Utilidad Operativa, a esta cifra se le sustrae el total de depreciación en línea recta de los equipos para obtener la Utilidad Antes de Impuestos. Debido a cifras negativas en la Utilidad antes de Impuestos no es posible extraer el impuesto de renta del 25% del proyecto, por ende el flujo de caja libre de cada año corresponde al Ebitda.

El Valor Presente Neto de los Flujos de Caja se halla en función a un Costo de Capital Promedio Ponderado del 18,19% y a la Utilidad Operativa de cada año con la función de Ms Excel VNA.

Adicionalmente se modelan la exclusión de los suministros de repuestos para cambio de baterías, reguladores e inversores, ya que se efectuarían por aportes del

estado (Municipio o ente gubernamental correspondiente) por ende no se incluirían en la tarifa, en la tabla 14 se muestran los resultados. En la tabla 15 se muestran los flujos de caja para calcular la tarifa de cobro sin invertir en futuros repuestos, esto a manera de ejemplo, ya que la evaluación final presentada al IPSE se realizó según parámetros establecidos por cada grupo de trabajo asignado a las poblaciones a estructurar.

Tabla 14. Tarifa de Cobro sin Repuestos.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Tasa de descuento (WACC)	18,19%
Con Inversión	NO
Con Suministro de repuestos	NO
Tarifa Mensual	\$17.858
VPN	\$0

La tarifa resultante al excluir la adquisición de repuestos por parte del operador de red es de \$17.858 por vivienda, esta cifra es posible solo si el estado provee los repuestos a utilizar, el valor mensual aplica entonces para limpiezas, revisiones, ajustes, mantenimientos y verificaciones principalmente de las condiciones de los equipos.

En la Tabla 15 se muestran los flujos de caja de los 20 años evaluados como vida útil del proyecto de generación de energía en la vereda Las Plumas. En esta proyección no se incluye el suministro de repuestos con el fin de mostrar y comparar la diferencia en la tarifa al contemplar dicha opción.

Cuando la tarifa de cobro mensual asume los costos de suministrar los repuestos asciende a \$22.399, si dichos costos son asumidos por el estado la tarifa se establece en \$17.858 mensual por vivienda y se realizaría mantenimiento, limpieza e inspección pero ningún repuesto se contempla.

Tabla 15. Flujo de Caja Tarifa de Cobro sin Repuestos.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EVALUACIÓN FINANCIERA																					
FLUJO DE CAJA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos		5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575	5.575
Tarifa de cobro																					
TOTAL INGRESO																					
Egresos																					
Costos de Mantenimiento																					
Limpiar agua desmineralizada en la batería		62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Recargar agua desmineralizada en la batería		187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
Alcance de batería		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Alcance de terminal del Regulador		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Alcance de terminal del Inversor		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Costo de Viajeros y Transporte		650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
Reemplazo de Regulador		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reemplazo de Inversor		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal Costo de mantenimiento		952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952
Costos de Administración																					
Salario Ingeniero administrador		1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706	1.706
Salario Técnico Operador		1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330
Salario Asesor Legal		237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
Salario Asesor Contable		237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
Salario Asesor Administrativo		237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
Administración de inventarios		237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
Gestión de compras de repuestos		237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
Transporte para verificación e inspección		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Facturación de servicio		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Papelaría		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Otros gastos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal Costo de Administración		4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620
TOTAL COSTOS DE A&M		5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572	5.572
EBITDA		\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
Depreciación																					
Depreciación Módulo Solar		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación Regulador		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación Inversor		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación Batería		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DEPRECIACIÓN		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad Antes de Impuestos		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
IMPUESTO DE RENTA	25%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Utilidad Después de Impuestos		\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2
Otros Ingresos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros Egresos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA LIBRE		\$0	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2	\$2
VPN FLUJO DE CAJA		\$12																			

Datos en miles de pesos.

5. CALCULO FLUJO NETO DE EFECTIVO

El objetivo de este capítulo es hallar el flujo neto de efectivo teniendo en cuenta las inversiones iniciales del proyecto, adicional se comparan 2 alternativas de generación eléctrica: Generación Diésel⁴² y Soluciones Fotovoltaicas. En la Tabla 16 se presentan los costos usados para la generación diésel.

5.1 SISTEMA DIESEL

Tabla 16. Costos Generación Diésel.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD		
Datos Grupos Electr6genos Diesel		
Componente	Unidad	Valor
Precio combustible, incluye transporte y almacenamiento	\$/Gal	11.000
Potencia unitaria generador Diesel	Kw/Generador	0,1
Costo inicial/generador Diesel- Precio de Mercado	\$/Generador	350.000
Cantidad total de generadores Diesel	Número	20
Costo Total	\$	7.000.000
Potencia proyecto	kW	2,0
Regimen de trabajo	Horas/Día	12
Energía diaria proyecto	Kwh/día	24
Eficiencia del Grupo Diesel (se incrementa en un 25 % a la de referencia de la CREG 091-07) por potencia del grupo	Gal/Kwh	0,122
Consumo del Combustible anual (total)	Gal/Mes	1.067
Costo total del Combustible	\$	11.731.830
Costo unitario mantenimiento rutinario	\$/Generador	80.000
Costo total anual mantenimiento rutinario proyecto: Cada 4 meses, para un regimen de trabajo diario de 12 horas)	\$/Año	4.800.000
Insumos: aceite y mantenimiento menor	\$/Mes	10.000
Costo Total Insumos: Aceite y Mantenimiento Menor	\$	2.400.000
Reposición de repuestos: Bateria, correas, boquillas	\$/Año	70.000
Costo Total Reposición de repuestos	\$/Año	1.400.000
Costo de Operación	\$/Hora	3.500
Total costo de operación año: se considera 1 hora diaria de preparación, encendido, conexión, apagado y enfriamiento	\$	25.550.000

⁴² Alternativa de generación de energía no convencional. Se realiza comparación con esta alternativa debido a su independencia de sistemas complejos y comunales.

Las cifras utilizadas para evaluar la alternativa de generación diésel se basan en la experiencia y conocimientos del ingeniero líder Wilmar Morales, además de estudios realizados con anterioridad por el equipo técnico estructurador de la vereda Las Plumas, el informe entregado por la corporación CorpoEma a la CREG y el análisis de mercado.

Se realizó una comparación del Sistema Fotovoltaico Individual con la alternativa de generación mediante un grupo Electrónico Diésel, como ingresos se consideran los analizados en los flujos financieros anteriores, para el caso del Sistema Diésel no se incluyen como ingreso los asociados a emisiones atmosféricas. En la Tabla 17 se muestran los flujos de caja, las cifras están dadas en miles de pesos.

Tabla 17. Flujo de Caja Sistema Diésel.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
SELECCIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASA
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD
COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

DIESEL INDIVIDUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Inversión Diesel	\$ 7.000,0																				
Costo del Combustible	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732	\$ 11.732
Costo total anual mantenimiento rutinario	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800
Costo Insumos: Aceite y Mantenimiento Meno	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400	\$ 2.400
Total Reposición de repuestos	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400	\$ 1.400
Total costo de operación año	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550	\$ 25.550
Flujo de Costos	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882	\$ 45.882
Flujo Ingresos	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965	\$ 45.965
Flujo Neto Alternativa Diesel	\$ (7.000,0)	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83	\$ 83

5.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

En la evaluación del sistema fotovoltaico se consideran los flujos calculados en el capítulo anterior incluyendo la tarifa de cobro según cada caso, estos se muestran en la Tabla 18, las cifras están dadas en miles de pesos.

Tabla 18. Flujo de Caja Sistema Fotovoltaico.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SFV INDIVIDUAL																				
Inversión Fotovoltaico	\$ 184.566,4																			
Costos del sistema FV - Mantenimiento	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 700
Costos del sistema FV - Administración	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696	\$ 3.696
Flujo de Costos	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396	\$ 4.396
Flujo Ingresos	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576	\$ 6.576
Flujo Neto Alternativa SFV	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181	\$ 2.181

Los resultados se resumen en la Tabla 19 y se muestran los VPN de cada alternativa.

Tabla 19. Resultados comparación sistemas generación.

Concepto	Diesel	FVI
Tasa	18,19%	18,19%
VPN de los costos	\$ 250.320	\$ 207.879
VPN de los ingresos	\$ 243.760	\$ 34.876
VPN con inversión	\$ (6.560)	\$ (173.003)
VPN sin inversión	\$ 440	\$ 11.564

Al comparar financieramente las dos alternativas de generación eléctrica se evidencian mejores resultados para el Sistema Diésel. Sin embargo, los resultados de la Solución Fotovoltaica a diferencia del Sistema Diésel contempla mayor inversión inicial.

A diferencia del Sistema Diésel la solución Fotovoltaica invierte una cifra mayor al inicio del proyecto, y los egresos en sus años de vida útil se deben a costos de mantenimiento y revisión, en cambio el Sistema Diésel necesita una inversión inicial menor y flujos de egresos constantes debido a la adquisición del Diésel permanentemente, adicional a esto la variación del precio del diésel es un factor a tener en cuenta.

6. EVALUACIÓN DEL MODELO CON BASE A DATOS DE CADA DEPARTAMENTO

La evaluación se replica a los demás 43 proyectos estructurados según las características de cada departamento y vereda. En este capítulo se muestra únicamente la evaluación correspondiente a un proyecto de cada departamento.

6.1 COMUNIDAD CURICHÉ – GUAJIRA

De los 7 proyectos estructurados para el departamento de la Guajira, 3 son en las comunidades indígenas de Murralein, Malirrachon, Ushuru, Mapuain, Juluwaypa y Ampuita con 68 familias beneficiadas. Los 4 proyectos restantes se realizaron en las veredas Curiche, Dudas aguas arriba, Tormento el Anis, Las Colinas, Marocazo, El Rincón, Tembladera, Los Barriales y Nuevas Ideas con 170 viviendas favorecidas para un total de 238 hogares estructurados con soluciones de generación de energía fotovoltaica.

La evaluación financiera presentada a continuación se realiza en la vereda Curiché del departamento de la Guajira con un total de 12 familias beneficiadas. En la Tabla 20 se muestran las inversiones, costos de mantenimiento y costos de administración para la Vereda Curiche, los valores estimados son superiores a los considerados en el ejemplo de Arauca presentado anteriormente debido a las extensas distancias del departamento de la Guajira.

Tabla 20. Egresos Evaluación Comunidad Curiché.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE CURICHE EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Cantidad de beneficiarios	12
Inversiones	Costo Vivienda
Suministro, transporte e instalación del Sistema de Paneles Solares 220 Wp	\$1.074.776
Suministro, transporte e instalación de baterías 12 V	\$1.038.364
Suministro, transporte e instalación del regulador de carga 60 A	\$628.136
Suministro, transporte e instalación del Inversor de 800 W	\$1.356.132
Suministro, transporte e instalación del Sopрте para Panel Solar	\$1.158.899
Suministro, transporte e instalación del Sistema Puesta a Tierra	\$1.023.579
Suministro, transporte e instalación de acometida sistema fotovoltaico	\$578.150
Total Inversiones	\$6.858.038
Costos de Mantenimiento	Costo Vivienda
Limpieza del modulo solar	\$630
Recargar agua desmineralizada en la batería	\$70
Reemplazo de batería- Solo Suministros	\$547.036
Reemplazo de regulador- Solo Suministros	\$185.531
Reemplazo de Inversor-Solo Suministros	\$828.573
Ajuste de terminales del Regulador	\$500
Ajuste de terminales del Inversor	\$500
Costo de Viáticos y Transporte	\$300.000
Total Costos Mantenimiento	\$1.862.840
Costos de Administración	Costo Total Vereda
Salario Ingeniero administrador	\$568.800
Salario Técnico Operador	\$443.190
Salario Asesor Legal	\$79.000
Salario Asesor Contable	\$79.000
Salario Asesor Administrativo	\$79.000
Administración de inventarios	\$79.000
Gestión de compras de repuestos	\$79.000
Transporte para verificación e inspección	\$430.000
Facturación de servicio	\$3.000
Papelería	\$30.000
Otros gastos	
Total Costos Administración	\$1.869.990
Total EGRESOS	\$10.590.868

Las cifras contempladas en la evaluación de la Comunidad Curiché se establecieron según criterios del equipo técnico encargado de estructurar la solución energética en la comunidad Curiché. El flujo de caja para calcular el Valor Presente Neto y la Tarifa de Cobro de la evaluación del proyecto se presentan en las Tablas 21 y 22.

Tabla 21. Flujo de Caja Vereda Curiche.

ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE CURICHE EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD
EVALUACIÓN FINANCIERA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FLUJO DE CAJA																					
Ingresos																					
Tarifa de cobro	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675	57.675
TOTAL INGRESO																					
Egresos																					
Inversiones																					
Banco de Baterías 12V	12.460																				
Sistema de Paneles Solares 220Vp	12.897																				
Regulador de Carga 60A	7.558																				
Inversor DC/AC 800 W	16.274																				
Sistema de Baterías 12V	6.938																				
Sistema de Puesta a Tierra																					
Acometida Sistema Fotovoltaico	12.283																				
Total de Inversiones	82.296																				
Costos de Mantenimiento																					
Limpieza del modulo solar	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Recargar agua desmineralizada en la batería	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Reemplazo de batería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ajuste de terminales del Regulador	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Reemplazo de Inversor	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Costo de Viáticos y Transporte	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Reemplazo de Regulador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reemplazo de Inversor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal Costo de mantenimiento	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964	964
Costos de Administración																					
Salario Ingeniero administrador	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826	6.826
Salario Técnico Operador	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318	5.318
Salario Asesor Contable	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948
Salario Asesor Administrativo	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948
Administración de inventarios	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948
Gestión de compra de repuestos	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948	948
Transporte para verificación e inspección	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160	5.160
Facturación de servicio	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Papelaria	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Otros gastos																					
Subtotal Costo de Administración	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440	22.440
TOTAL COSTOS DE A&M	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404	23.404
EBITDA	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271	\$34.271
Depreciación	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645
Depreciación Modulo Solar	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754
Depreciación Regulador	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627
Depreciación Inversor	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660
Depreciación Baterías	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648	4.648
TOTAL DEPRECIACIÓN	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518	5.518
Utilida Antes de Impuestos	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753	28.753
IMPUESTO DE RENTA	25%	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188	7.188
Utilidad Después de Impuestos	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083
Otros Ingresos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA LIBRE	##\$##	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083	\$27.083

La evaluación financiera al proyecto de la vereda Curiche se realizó incluyendo las inversiones iniciales, el reemplazo de equipos y mantenimiento de las instalaciones, además, se calcula la Tarifa de Cobro que garantice un retorno de las inversiones e incluya las diferentes verificaciones, adecuaciones y mejoras al Sistema Fotovoltaico instalado.

La tarifa de cobro es de \$400.521, la cual es muy superior al de los demás proyectos debido a los altos costos de transporte, además el tiempo invertido es mayor por las distancias y las precarias condiciones de las vías de las diferentes veredas, las cuales en ocasiones deben realizarse con ayuda de transporte animal o extensas caminatas.

Tabla 22. Resultados Evaluación Financiera Vereda Curiche.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE CURICHE EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	
ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUCIÓN FINANCIERA	
Tasa de descuento (WACC)	18,19%
Con Inversión	SI
Con Suministro de repuestos	SI
Tarifa Mensual	\$400.521
VPN	\$0

6.2 VEREDAS COREA Y SURIMENA DE LOS MUNICIPIOS MANÍ Y OROCUE – CASANARE

En el departamento de Casanare se estructuraron en total 7 proyectos, de los cuales 4 consisten en la construcción de Sistemas Fotovoltaicos y 3 en ampliaciones de redes eléctricas.

En las veredas Bujio, Chaparral, El Alton, El Palmar, La Primavera, Llano de Perez, San Pedro, San Cayetano, Santo Domingo, Sizareque, Teislandia, Villa del Rosario, El Brillante, Samuco, Corocito, Corralito, Las Tijeras y Villa Julia pertenecientes al municipio de Hato Corozal se estructuraron Soluciones Fotovoltaicas en total para 87 viviendas rurales.

En la vereda Corea perteneciente al municipio de Maní y la vereda Surimena del municipio de Orocué se estructuraron Sistemas Fotovoltaicos para 19 familias rurales, la evaluación financiera a esta vereda se muestra a continuación.

En total se benefició a 286 hogares del departamento de Casanare, 106 con estructuración de soluciones de tipo fotovoltaico y 180 con la estructuración de la ampliación de redes eléctricas.

La evaluación financiera presentada a continuación se realiza en las veredas Corea y Surimena de los municipios Maní y Orocué del departamento de Casanare con un total de 19 familias beneficiadas. La Tabla 23 muestra las inversiones, costos de mantenimiento y costos de administración para las veredas.

Tabla 23. Egresos Veredas Corea y Surimena – Casanare.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS PARA LAS VEREDAS COREA Y SURIMENA DE LOS MUNICIPIOS MANÍ Y OROCUE DE CASANARE	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Cantidad de beneficiarios	19
Inversiones	Costo Vivienda
Suministro, transporte e instalación del Sistema de Paneles Solares 220 V	\$921.237
Suministro, transporte e instalación de baterías 12 V	\$890.027
Suministro, transporte e instalación del regulador de carga 60 A	\$538.402
Suministro, transporte e instalación del Inversor de 800 W	\$1.162.399
Suministro, transporte e instalación del Soprote para Panel Solar	\$993.342
Suministro, transporte e instalación del Sistema Puesta a Tierra	\$877.353
Suministro, transporte e instalación de acometida sistema fotovoltaico	\$495.557
Total Inversiones	\$5.878.318
Costos de Mantenimiento	Costo Vivienda
Limpieza del modulo solar	\$500
Recargar agua desmineralizada en la batería	\$340
Reemplazo de batería- Solo Suministros	\$547.036
Reemplazo de regulador- Solo Suministros	\$185.531
Reemplazo de Inversor-Solo Suministros	\$828.573
Ajuste de terminales del Regulador	\$500
Ajuste de terminales del Inversor	\$500
Costo de Viáticos y Transporte	\$80.000
Total Costos Mantenimiento	\$1.642.980
Costos de Administración	Costo Total Vereda
Salario Ingeniero administrador	\$568.800
Salario Técnico Operador	\$443.190
Salario Asesor Legal	\$79.000
Salario Asesor Contable	\$79.000
Salario Asesor Administrativo	\$79.000
Administración de inventarios	\$79.000
Gestión de compras de repuestos	\$79.000
Transporte para verificación e inspección	\$80.000
Facturación de servicio	\$3.000
Papelería	\$30.000
Otros gastos	
Total Costos Administración	\$1.519.990
Total EGRESOS	\$9.041.288

La Tabla 24 presenta los flujos de caja del proyecto de estructuración en Corea y Surimena.

Tabla 24. Flujo de Caja veredas Corea y Surimena.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EVALUACIÓN FINANCIERA																					
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LAS VEREDAS COREA Y SURIMENA DE LOS MUNICIPIOS DE MANÍ Y OROQUE EN CASANARE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
FLUJO DE CAJA																					
Ingresos		6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758
Tarifa de cobro																					
TOTAL INGRESO		6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758	6.758
Egresos																					
Costos de Mantenimiento																					
Limpieza del modulo solar		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Recargar agua desmineralizada en la batería		775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775
Reemplazo de batería																					
Ajuste de terminales del Regulador		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Ajuste de terminales del Inversor		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Costo de Viaicos y Transporte		380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Reemplazo de Regulador																					
Reemplazo de Inversor																					
Subtotal Costo de mantenimiento		1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231	1.231
Costos de Administración																					
Salario Ingeniero administrador		1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297	1.297
Salario Técnico Operador		1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010
Salario Asesor Legal		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Salario Asesor Contable		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Salario Asesor Administrativo		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Administración de inventarios		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Gestión de compras de repuestos		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Transporte para verificación e inspección		182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Facturación de servicio		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Papelaria		68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Otros gastos																					
Subtotal Costo de Administración		3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466	3.466
TOTAL COSTOS DE A.R.M		4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697	4.697
EBITDA		\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061
Depreciación																					
Depreciación Modulo Solar		875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875	875
Depreciación Regulador		1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
Depreciación Inversor		2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209
Depreciación Batería		3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382	3.382
TOTAL DEPRECIACIÓN		7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489	7.489
Utilida Antea de Impuestos		- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428	- 5.428
IMPUESTO DE RENTA																					
Utilidad Después de Impuestos		\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061
Otros Ingresos																					
Otros Egresos																					
FLUJO DE CAJA LIBRE		\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061	\$2.061

La evaluación financiera al proyecto de las veredas Corea y Surimena se realizó excluyendo las inversiones iniciales a manera de ejemplo, con el fin de calcular la tarifa de cobro, la cual establece el valor óptimo para realizar el mantenimiento, reemplazo de equipos y seguimiento de las soluciones fotovoltaicas instaladas, por lo tanto las inversiones no son tenidas en cuenta debido a que estas han sido cubiertas por el respectivo fondo gubernamental y el objetivo es hallar la tarifa para incentivar el retorno de las diferentes verificaciones, adecuaciones y mejoras al Sistema Fotovoltaico instalado.

La tarifa de cobro estimada es de \$29.640, esta cifra la solicitarían los operadores de red por el préstamo de servicios de mantenimiento, reposición de equipos, verificaciones y revisión de las instalaciones mensualmente. En la tabla 25 se presentan los resultados de la evaluación del proyecto fotovoltaico en las veredas Corea y Surimena de los municipios de Maní y Orocué del departamento de Casanare.

Tabla 25. Resultados Evaluación Financiera Veredas Corea y Surimena.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS PARA LAS VEREDAS COREA Y SURIMENA DE LOS MUNICIPIOS MANÍ Y OROCUE DE CASANARE	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Tasa de descuento (WACC)	18,19%
Con Inversión	NO
Con Suministro de repuestos	SI
Tarifa Mensual	\$29.640
VPN	\$0

6.3 MUNICIPIO EL CASTILLO DEPARTAMENTO DEL META

En el departamento de Meta se estructuraron en total 4 proyectos de generación eléctrica, de los cuales 2 son soluciones fotovoltaicas. En dichos proyectos se plantea la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 125 viviendas y 2 escuelas del municipio El Castillo.

El total de viviendas beneficiadas con soluciones fotovoltaicas en sus viviendas son 125 y aproximadamente 20 familias más se favorecerían de la energía solar en las escuelas del municipio. En total se estructuraron 4 proyectos de generación de energía en el Meta con un total de 223 hogares mejorados en su calidad de vida.

En la Tabla 26 se muestran los valores utilizados en la evaluación financiera del proyecto en el municipio el castillo, estas cifras se estiman para las 145 soluciones fotovoltaicas a proporcionar al municipio. Los datos presentes en la Tabla 26 son establecidos durante la fase de estructuración del proyecto, es decir luego de identificar las comunidades a impactar se definen los montos según criterios técnicos del equipo encargado de la identificación y estructuración de la solución energética basados en su experticia y en estudios anteriores.

Tabla 26. Egresos Municipio El Castillo.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL MUNICIPIO EL CASTILLO EN EL DEPARTAMENTO DEL META	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Cantidad de beneficiarios	145
Inversiones	Costo Vivienda
Suministro, transporte e instalación del Sistema de Paneles Solares 220 V	\$859.821
Suministro, transporte e instalación de baterías 12 V	\$830.692
Suministro, transporte e instalación del regulador de carga 60 A	\$502.509
Suministro, transporte e instalación del Inversor de 800 W	\$1.084.906
Suministro, transporte e instalación del Soprote para Panel Solar	\$927.120
Suministro, transporte e instalación del Sistema Puesta a Tierra	\$818.863
Suministro, transporte e instalación de acometida sistema fotovoltaico	\$462.520
Total Inversiones	\$5.486.430
Costos de Mantenimiento	Costo Vivienda
Limpieza del modulo solar	\$400
Recargar agua desmineralizada en la batería	\$2.800
Reemplazo de batería- Solo Suministros	\$547.036
Reemplazo de regulador- Solo Suministros	\$185.531
Reemplazo de Inversor-Solo Suministros	\$828.573
Ajuste de terminales del Regulador	\$500
Ajuste de terminales del Inversor	\$500
Costo de Viáticos y Transporte	\$120.000
Total Costos Mantenimiento	\$1.685.340
Costos de Administración	Costo Total Vereda
Salario Ingeniero administrador	\$568.800
Salario Técnico Operador	\$443.190
Salario Asesor Legal	\$79.000
Salario Asesor Contable	\$79.000
Salario Asesor Administrativo	\$79.000
Administración de inventarios	\$79.000
Gestión de compras de repuestos	\$79.000
Transporte para verificación e inspección	\$105.000
Facturación de servicio	\$3.000
Papelería	\$30.000
Otros gastos	
Total Costos Administración	\$1.544.990
Total EGRESOS	\$8.716.760

Tabla 27. Flujo de Caja municipio El Castillo.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EVALUACIÓN FINANCIERA																					
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE GUAJIRA, SANTANDERES, ARAUCA, META Y CASANARE																					
FLUJO DE CAJA																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Ingresos	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941
Tarifa de cobro																					
TOTAL INGRESO	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941	46.941
Egresos																					
Costos de Mantenimiento																					
Limpeza del modulo solar	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
Recargar agua desmineralizada en la batería	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368
Reemplazo de batería					71.115										71.115						
Ajuste de terminales del Regulador	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Ajuste de terminales del Inversor	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Costo de Viajes y Transporte	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900
Reemplazo de Regulador										24.119											
Reemplazo de Inversor										107.714											
Subtotal Costo de mantenimiento	8.736	8.736	8.736	8.736	79.851	8.736	8.736	8.736	8.736	211.684	8.736	8.736	8.736	8.736	79.851	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736
Costos de Administración																					
Salario Ingeniero administrador	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873	8.873
Salario Técnico Operador	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914	6.914
Salario Asesor Legal	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Salario Asesor Contable	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Salario Asesor Administrativo	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Administración de inventarios	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Gestión de compras de repuestos	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Transporte para verificación e inspección	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638
Facturación de servicio	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Papelaria	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
Otros gastos																					
Subtotal Costo de Administración	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102	24.102
TOTAL COSTOS DE A&M	32.838	32.838	32.838	32.838	##	32.838	32.838	32.838	32.838	235.786	32.838	32.838	32.838	32.838	##	32.838	32.838	32.838	32.838	32.838	32.838
EBITDA	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$188.845	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103
Depreciación																					
Depreciación Modulo Solar	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589
Depreciación Regulador	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533	6.533
Depreciación Inversor	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104	14.104
Depreciación Batería	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598	21.598
TOTAL DEPRECIACIÓN	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823	47.823
Utilida Antes de Impuestos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMPUESTO DE RENTA																					
Utilidad Después de Impuestos	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$188.845	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103
Otros Ingresos																					
Otros Egresos																					
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$188.845	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	-\$57.012	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103	\$14.103

La tabla 27 presenta los flujos de caja para el proyecto del municipio El Castillo, en ellos se excluyen las inversiones iniciales, las cuales son altas debido a la cantidad de beneficiarios (145) y al aumento de equipos para las escuelas, se le incluyo el suministro de repuestos, la compra de equipos y el mantenimiento de las instalaciones,.

La tarifa de cobro se presenta en la Tabla 28 para el proyecto del municipio el Castillo es de \$30.090, el cual incluye las revisiones, mantenimientos, verificaciones y modificaciones a los sistemas fotovoltaicos instalados en el municipio el Castillo.

Tabla 28. Resultados municipio El Castillo – Meta.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL MUNICIPIO EL CASTILLO EN EL DEPARTAMENTO DEL META	
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	
EVALUACIÓN FINANCIERA	
Tasa de descuento (WACC)	18,19%
Con Inversión	NO
Con Suministro de repuestos	SI
Tarifa Mensual	\$30.090
VPN	\$0

6.4 PROYECTOS EN SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER

En los proyectos estructurados en los departamentos de Santander y Norte de Santander no se aplica este modelo de evaluación financiera ya que en estos departamentos no se plantearon soluciones fotovoltaicas. Los proyectos en estos departamentos se estudiaron y presentaron frente al IPSE con diferentes alternativas como la interconexión a las redes eléctricas o el sistema diésel.

7. CONCLUSIONES

- ✓ Los proyectos de generación de energía renovable son viables financieramente, dado su Valor Presente Neto mayor a cero debido a la contribución del estado a través de una tarifa o subsidio establecido, además de ser altamente contribuyentes a la mejoría de la calidad de vida.
- ✓ Determinar y aplicar una tarifa de cobro para los servicios de mantenimiento, verificación y reposición es necesaria con el fin de evitar deterioro, pérdida o comercialización de los equipos instalados para la generación eléctrica, dicha tarifa es el incentivo para que los Operadores de red realicen seguimiento al desempeño de los dispositivos.
- ✓ La retribución tarifaria de los servicios de mantenimiento por parte del municipio o el Operador de Red a las instalaciones de las soluciones fotovoltaicas es financieramente viable en departamentos como Arauca o Meta para el prestador del servicio además de ser una estrategia de responsabilidad social empresarial.
- ✓ Los proyectos se radicaron en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE a inicios del año 2014 con fecha de vigencia hasta el año 2016 ya que los trámites

gubernamentales generan retrasos en la ejecución de obras públicas. El IPSE es el encargado de distribuir los proyectos a los diferentes fondos para su licitación si es necesario y posterior realización.

- ✓ La evaluación financiera se basó en la tasa de descuento proporcionada por la CREG, sin embargo se contempla la necesidad de recapitularla y establecer una metodología específica de cálculo según la zona no interconectada, las características de la población y los fondos de financiación asignados a dichas comunidades.

8. RECOMENDACIONES

- La realización de proyectos eléctricos en Zonas rurales es un aporte significativo al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, la continuación de estas iniciativas es un beneficio para el desarrollo del país, ya que las poblaciones más alejadas estarían accediendo a la información, educación y por ende al crecimiento de la nación.

- El planteamiento de una Tarifa de Cobro para los Operadores de Red es indispensable para que estos observen la retribución al apoyar la continuación de los proyectos eléctricos en zonas alejadas al Sistema Interconectado de Energía. Gracias al mantenimiento, verificación, inspección y adecuaciones necesarias regularmente a los sistemas instalados se garantiza la vida útil del proyecto y así se evita el deterioro por manipulaciones erróneas o la comercialización por parte de los beneficiados de los equipos instalados.

BIBLIOGRAFÍA

CABALLERO LAFAURIE, Ana B., CANTILLO GUERRERO, Ernesto F., Logística para la construcción de sistemas solares fotovoltaicos en zonas no conectadas a la red pública: caso Kantinurwa. En: 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Julio 23-27 2012; 10 p.

CANTILLO GUERRERO, Ernesto, DAZA ESCORCIA, Julio. El sector solar fotovoltaico en el caribe Colombiano: Análisis técnico y de mercado. En: Scientia et Technica, Año XVII, No 51, Agosto de 2012; 87-92.

FRANCO, Carlos, DYNER, Isaac, HOYOS, Santiago. Contribución de la energía al desarrollo de comunidades aisladas No Interconectadas: Un caso de Aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenibles en el Suroccidente Colombiano. En: Dyna, Año 75, N° 154, Medellín, Marzo de 2008; 199-214.

FLÓREZ, Jorge, TOBÓN, David, CASTILLO, Gustavo. ¿Ha sido efectiva la promoción de Soluciones Energéticas en las Zonas No Interconectadas (ZNI) en

Colombia?: Un Análisis de la estructura institucional. En Cuad. Adm. Bogotá, Junio 2009; 219 – 245.

GARCÍA, Oscar León. Administración Financiera: Fundamentos y Aplicaciones. 3 ed. Cali: Prensa Moderna Impresores S.A., 1999. 573 p.

GARCÍA, Oscar León. Valoración de Empresas, Gerencia del Valor y EVA. 2 ed.

HERMOSA ORTIZ, Hernando. Desarrollo de una aplicación para la determinación de costos de prestación del servicio eléctrico en las Zonas No Interconectadas – ZNI: Según resolución CREG 091–2007. Bogotá, 2011. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería. Departamento de gestión energética y ambiental.

LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia: Caso: Vereda Carupana, Municipio de Tauramena, Departamento de Casanare. Bogotá, 2011, 135 p. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Maestría en Desarrollo Rural

MESA, Juan David, MEJIA , Andres e HINCAPIE, Ricardo A.. Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región. En: Scientia et Technica. No. 42, Año XV, 2009; 327-332.

MIRANDA, Juan José. Gestión de Proyectos: Identificación, formulación evaluación financiera, económica, social, ambiental. 5 ed. Bogotá: MM editores, 2005. 436 p.

NARVAEZ, José, AGUAS, Felix, Oviedo, Juan. Diseño y dimensionamiento de plantas solares autónomas para viviendas típicas de la zona rural del Departamento de Córdoba. En: Revista Elementos. Volumen 2. Número 1. Junio de 2012; 67-81.

ORTIZ, José D. Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala. En: Revista Visión Electrónica, Año 7, Número 1, Enero - Junio de 2013. 103-117

Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2013 - 2017. UPME: Unidad de Planeación minero energética. 140 p. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/PIEC__UPME_2013-2017.pdf

Resolución de la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG O56 DE 2009

Disponible en:

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c8df696baab3f8200525785a007a715b?OpenDocument>

RODRÍGUEZ BORGES, Ciaddy. Compensación del número de paneles y baterías en los sistemas fotovoltaicos autónomos. En: Universidad, Ciencia y Tecnología. Volumen 15. N°59, 2011; 57-64

RUIZ MENDOZA, Belizza Janet. Fuentes de energía renovable en el subsector eléctrico colombiano, análisis y perspectivas. En: Revista CIER N°52, 2009; 3-8

VALENCIA ARIAS, Alejandro, *et al* Energía Solar en Zonas No Interconectadas: el caso de Paz de Ariporo. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellin, Colombia.

VASSILIS L., Stampolidis. A methodology for the economic evaluation of photovoltaic systems, Operational Research. En: An International Journal. Vol. 6, N° 1, p. 37-54.

VILLAREAL, Arturo Infante. Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 1996. 400 p.