

**IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN
PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**JOSÉ MARÍA COTES MENGUAL
SERGIO ANDRÉS LÓPEZ FUENTES**



**Escuela de Ingenierías
Eléctrica, Electrónica y
de Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
DE TELECOMUNICACIONES BUCARAMANGA
2014**

**IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN
PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**JOSÉ MARÍA COTES MENGUAL
SERGIO ANDRÉS LÓPEZ FUENTES**

Trabajo de Grado para optar al título de:

Ingeniero Electricista

Director:

Dr. GERARDO LATORRE BAYONA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
Y DE TELECOMUNICACIONES BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

*A Dios por darme la esperanza necesaria, para no llenarme de
temor en los momentos de dificultad.*

*A tí mamá que con amor y esfuerzo has hecho de tus hijos
personas íntegras, gracias porque sé que te alegra tanto como a mí
alcanzar este punto.*

*A mis hermanos por escucharme y apoyarme, gracias por siempre
brindarme fuerza y sonrisas, por ser mi hogar.*

*A tí papá, por ser parte importante en mi vida y porque estoy
seguro que estarás feliz por mí.*

José María Cotes Mengual

DEDICATORIA

A Dios que jamás me abandonó y siempre estuvo allí cuando más lo necesite, dándome fuerzas y sabiduría para tomar mis decisiones.

A mi Madre Flor María, por su inmenso apoyo, amor y comprensión.

A mi Padre Benjamín, por su sacrificio y respaldo incondicional.

A mis Hermanos Oscar y Diana, por su motivación y confianza en mí.

Al chino Jhon que llegó a mitad de camino, y es por el que dure más semestres en la universidad.

A mi familia en Barranca por brindarme el apoyo para comenzar esta etapa, y que a pesar de la distancia siempre han estado conmigo.

Y a todas aquellas personas que me han acompañado durante estos años.

Sergio Andrés López Fuentes

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por permitirnos adquirir conocimientos en diversas áreas del saber y formarnos como seres integrales preparados para aportar al desarrollo social; y a nuestros docentes, por compartir sus experiencias y situar todo su esfuerzo en la orientación hacia el interminable sendero del aprendizaje.

A nuestro director PhD. Gerardo Latorre Bayona, por depositar su confianza en nosotros para emprender este trabajo grado y ser el gestor de las herramientas imprescindibles para la consecución del mismo.

Al Ingeniero José Vergara por quien sentimos total respeto y admiración por su calidez personal y compromiso continuo. Gracias por ser un apoyo técnico incondicional en cada etapa de avance de este proyecto.

A nuestros compañeros durante las distintas fases de esta etapa, que se fueron convirtiendo en amigos, hasta llegar a ser parte de nuestra “familia universitaria”, gracias por los momentos vividos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 Formulación de proyectos de inversión pública	19
1.2 Metodología para el desarrollo de los proyectos.....	20
1.2.1 Etapa de preinversión	21
1.3 Fondos de inversión para proyectos de infraestructura eléctrica	25
1.3.1 Fondo de Apoyo Financiero para la Electrificación Rural - FAER.....	25
1.3.2 Fondo de Apoyo financiero para la energización de Zonas No Interconectadas - FAZNI.	26
1.3.3 Fondo Nacional de Regalías - FNR.....	27
1.4 Alternativas de solución.....	28
2. ESTADO ACTUAL DE PROYECTOS DE ENERGÍA NO CONVENCIONAL EN LA GUAJIRA	31
2.1 Sistemas fotovoltaicos.....	32
2.2 Sistemas de generación diésel y eólica	34
3. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS A ESTRUCTURAR	37
3.1 Identificación de proyectos a estructurar.	37
3.2 Evaluación y selección de los proyectos.....	40
4. ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS	47
4.1 Localización Geográfica del proyecto	47
4.1.1 Localización del municipio de Manaure.....	47

4.1.2 Comunidades Ushuru – Malirrachon – Mapuain.....	49
4.2 Identificación del problema.....	50
4.3 Situación actual.....	51
4.4 Situación esperada.....	52
4.5 Alternativas de solución.....	53
4.6 Análisis de las alternativas de solución.....	53
4.6.1 Alternativa sistema solar fotovoltaica	54
4.6.2 Solución convencional, redes de distribución.	73
4.7 Preparación de estudios.....	75
4.7.1 Estudio Legal	75
4.7.2 Estudio de mercado	76
4.7.3 Estudio técnico	77
4.7.4 Estudio ambiental	77
4.7.5 Estudio de riesgos	77
4.7.6 Estudio financiero	81
4.8 Requisitos para la presentación de Proyectos al Fondo De Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No interconectadas –FAZNI-.....	82
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS	89
ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Pasos para desarrollar un proyecto	20
Figura 2 Ciclo del proyecto de inversión pública.....	20
Figura 3 Etapas del proyecto	21
Figura 4 Sistema híbrido solar, eólica, térmica	32
Figura 5 Sistema solar fotovoltaica Nazareth.....	33
Figura 6 Sistema campo solar fotovoltaica	33
Figura 7 Parque eólico Jepirachi.....	35
Figura 8 Generación híbrido solar- eólico- diésel.....	36
Figura 9 Grafico número de usuarios vs calificación de requerimientos	43
Figura 10 Grafico número de usuarios vs calificación de requerimientos	44
Figura 11 Localización del proyecto.....	48
Figura 12 Viviendas en las comunidades.....	49
Figura 13 Artesana Wayuu	50
Figura 14 Matriz de Riesgos	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de la tecnología: Extensión de la red	29
Tabla 2 Características de la tecnología: Sistema fotovoltaico	30
Tabla 3 Características del parque eólico Jepirachi.....	35
Tabla 4 Proyectos identificados en La Guajira.....	38
Tabla 5 Calificación por número de usuarios	41
Tabla 6 Calificación por costo de estructuración.....	41
Tabla 7 Calificación por tiempo de estructuración	41
Tabla 8 Calificación por valor de inversión.....	42
Tabla 9 Ponderación de la calificación de requerimientos para estructuración.....	42
Tabla 10 Resultados de calificación proyecto P21.....	45
Tabla 11 Presupuesto Estructuración del proyecto P21.	46
Tabla 12 Elementos necesarios Sistema fotovoltaico.....	54
Tabla 13: Costo de elementos de sistema fotovoltaico.....	55
Tabla 14: Presupuesto sistema fotovoltaico.....	56
Tabla 15 APU Suministro, transporte instalación sistemas de paneles solares 230 Wp	65
Tabla 16 APU Suministro, transporte instalación Banco baterías 250 Ah	66
Tabla 17 APU Suministro, transporte instalación regulador sistema solar 96 A ...	67
Tabla 18 APU Suministro, transporte instalación de inversor DC/AC 600W.....	68
Tabla 19 APU Suministro, transporte instalación de soporte para paneles solar...69	
Tabla 20 APU Suministro, transporte instalación Gabinete para equipos eléctricos y baterías.....	70
Tabla 21 APU Suministro, transporte instalación acometida sistema fotovoltaico .71	
Tabla 22 APU Suministro, transporte instalación puesta a tierra para sistema fotovoltaico.....	72
Tabla 23 Costos sistema distribución	74
Tabla 24 Riesgos asociados	81
Tabla 25 Costo de extensión de redes de distribución	81
Tabla 26 Costo sistema fotovoltaico	81
Tabla 27 Costo kWh de cada alternativa	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cálculo de la demanda y consumo mensual	93
Anexo B. Presupuesto general de obras del proyecto energético extensión de red	94
Anexo C. Alternativa de solución, sistema solar fotovoltaico	95
Anexo D. Presupuesto SFV	114
Anexo E. Matriz de cálculos. Redes de distribución Mapuain	114
Anexo F. Matriz de cálculos. Redes de distribución Ushu-Mali.....	114
Anexo G. Memoria de cálculo proyecto tipo. Extensión de redes Mapuain	115
Anexo H. Memoria de cálculo proyecto tipo. Extensión de redes Ushu-Mali	115
Anexo I. Informe de Gestión Ambiental	115
Anexo J. Presupuesto Extensión de red Mapuain	115
Anexo K. Presupuesto Extensión de red Ushuru-Malirrachon	115
Anexo L. Informe Socioeconómico	115
Anexo M. Plano de Localización de beneficiarios	115
Anexo N. Plano distribución	115

RESUMEN

TÍTULO: IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA *

AUTORES: José María Cotes Mengual **
Sergio Andrés López Fuentes **

PALABRAS CLAVES: zonas no interconectadas, fuentes de energías alternativas, estructuración, Metodología General Ajustada, fondos de inversión.

DESCRIPCIÓN:

En la actualidad aproximadamente el 66% del país se encuentra dentro de las zonas no interconectadas y no cuenta con el servicio de energía eléctrica. Es por esto que el gobierno nacional, específicamente el Ministerio de Minas y Energía a través del IPSE (Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas), está impulsando la estructuración de proyectos de electrificación tanto en zonas rurales como zonas no interconectadas, siendo financiados por los fondos creados por el gobierno para este fin.

Este trabajo de grado tiene como objetivo mostrar la estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica para las localidades de Malirrachon, Ushuru y Mapuain, en la zona del Departamento de La Guajira, específicamente en el municipio de Manaure, para ser presentado ante los fondos de financiación y tener altas probabilidades de ser seleccionado.

El proyecto se elabora basado en la Metodología General Ajustada, aplicada al desarrollo de los proyectos de infraestructura eléctrica; luego se presentan todos los conceptos básicos de gestión de proyectos para cada etapa; además se realiza un breve acercamiento a las problemáticas energéticas presentadas en las comunidades.

Como parte del estudio, se muestra el estado actual diferentes tipos de generación convencional y alternativa, como generación fotovoltaica, diésel o red de distribución en el departamento de La Guajira; y luego presenta la estructuración del proyecto en el municipio de Manaure, teniendo en cuenta aspectos técnicos, financieros, económicos, sociales y ambientales, así como toda la documentación y requisitos necesarios para ser presentados ante el FAZNI (Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: PhD. Gerardo Latorre Bayona.

ABSTRACT

TITLE: IDENTIFICATION AND STRUCTURING OF ELECTRICAL INFRASTRUCTURE PROJECTS IN THE DEPARTMENT OF LA GUAJIRA*

AUTHORS: José María Cotes Mengual **
Sergio Andrés López Fuentes **

KEYWORDS: non-interconnected zones, alternative energy sources, structuring, General Methodology Adjusted, investment funds.

DESCRIPTION:

Currently, approximately 66 % of the country forms the non-interconnected areas and do not have the electrical service. Because of this, the government, specifically the Ministry of Mines and Energy through the IPSE (Institute of Planning and Promotion of Energy Solutions for non-interconnected areas) is driving the structuring of electrification projects in rural areas and not-interconnected areas, being financed by the funds created by the government for this purpose.

This degree work aims to show the structuration of a project of electrical infrastructure for localities Malirrachon, Ushuru and Mapuain in the Department of La Guajira specifically in the town of Manaure, to be submitted to finance funds and have a high probability of being selected.

The project is made based on the General Methodology Adjusted applied to the development of electrical infrastructure projects, then all the basic concepts of project management for each stage are presented; furthermore we performed a first approach to the energy problems of the communities.

As part of the study, we show the actual state of the different types of conventional and alternative generation sources, such as photovoltaic generation , diesel or distribution network in the department of La Guajira, and then presents the structuring of the project in the town of Manaure considering technical, financial, economic, social and environmental aspects as well as all documentation and requirements to be presented to the FAZNI (Fund for financial support for energizing non-interconnected areas).

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronics and Telecommunications School. Director: Dr. Gerardo Latorre Bayona.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica, como parte integral de la actividad diaria del ser humano, y como insumo básico de cualquier proceso productivo de una comunidad, es fundamental para el crecimiento de esta.

Consciente de ello el gobierno nacional a través del Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), pretende realizar inversiones en infraestructura, gestionando proyectos de electrificación rural para las zonas interconectadas y no interconectadas del país.

La Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones junto con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no Interconectadas (IPSE), estableció un grupo de trabajo para estructurar proyectos de electrificación rural, con el fin de dar solución a la necesidad de ampliar la cobertura llevando el servicio de energía eléctrica a la población rural, mejorando así su calidad de vida.

Este proyecto pretende ser una guía para realizar de forma satisfactoria, la estructuración de un proyecto eléctrico, para ser presentado ante un fondo de inversión y pueda ser aprobado. Esto se hizo basado en la Metodología General Ajustada (MGA), propuesta por el Departamento de Planeación Nacional (DPN). Esta metodología contiene todos los estudios y requisitos, que se exigen para presentar el proyecto ante un fondo de financiación, y así lograr su aprobación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Identificar y estructurar un proyecto (seleccionado atendiendo a criterios de cobertura y estado de avance) de infraestructura eléctrica para una zona no interconectada del departamento de La Guajira; presentando el estudio técnico correspondiente para dos alternativas de solución y considerando estudios ambientales, sociales y de requerimientos de fondos de inversión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El cumplimiento del objetivo general del trabajo de grado comprende:

- ✓ Identificar el proyecto: Construcción de sistemas solares fotovoltaicos para la comunidad indígena de MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN.
- ✓ Establecer la situación actual y la que se espera obtener con el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la forma como la población está satisfaciendo sus requerimientos de energía eléctrica.
- ✓ Estimar el costo de estructuración del proyecto, utilizando una herramienta Excel disponible en el grupo de trabajo.
- ✓ Realizar el estudio técnico para estructurar el proyecto de energía como extensión de la red convencional y como una solución solar fotovoltaica, cumpliendo con requerimientos técnicos del RETIE y de las normas que apliquen para la región.
- ✓ Verificar el cumplimiento de requisitos exigidos por el fondo que se defina para su radicación.
- ✓ Integrar al proyecto los estudios social y ambiental que realicen los profesionales encargados de esas áreas y documentar completamente el proyecto, para su posterior radicación en el fondo de inversión que corresponda.

1. MARCO TEÓRICO

La identificación y estructuración de proyectos, es de suma importancia para la mejora continua de la calidad de vida, de las personas que no tienen o tienen un deficiente servicio de energía eléctrica. Para llevarlos a cabo, se necesitan agentes encargados en estos tipos de proyectos, como lo son los entes territoriales, el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), o la empresa que proporciona energía eléctrica en el sector. Estas realizarán trabajos de identificación, para poder realizar ampliaciones del sistema conectado y pedir de alguna manera recursos a fondos del gobierno.

En este capítulo se muestra los conceptos, para la formulación de proyectos, que se utilizó en el presente trabajo y los requisitos para la presentación del proyecto ante los fondos de financiación, que proporciona el estado colombiano. Además se presentan las alternativas de solución energética, que fueron tomadas en cuenta, para la realización de la estructuración del proyecto.

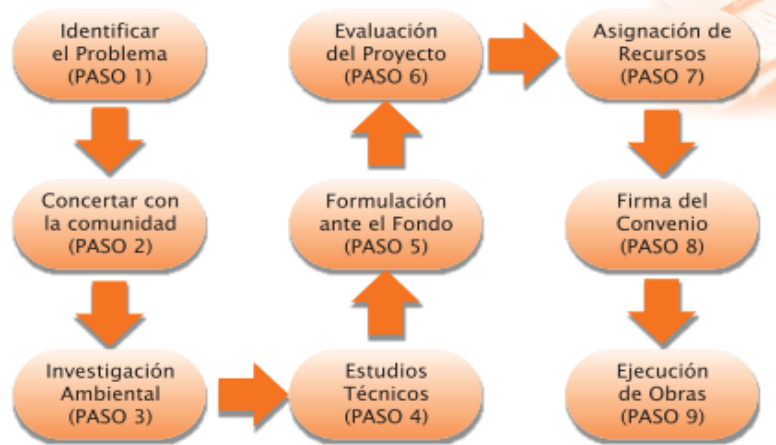
1.1 Formulación de proyectos de inversión pública

El decreto 2844 de 2010, artículo 5, del Departamento Nacional de Planeación (DNP), define que *“los proyectos de inversión pública contemplan actividades limitadas en el tiempo, que utilizan total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar o recuperar la capacidad de producción o provisión de bienes o servicios por parte del estado”*.

Los proyectos de energización de las áreas rurales, zonas aisladas y las Zonas No Interconectadas (ZNI) del país, se deben gestionar para que sean contemplados como proyectos de inversión pública. El formulador del proyecto debe realizar una serie de actividades con el objetivo de incrementar la probabilidad de éxito para acceder a los recursos que tiene disponible el gobierno nacional para tales fines.

En la figura 1 se presentan los pasos que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un proyecto, al momento de solicitar recursos ante cualquiera de los fondos de financiación.

Figura 1 Pasos para desarrollar un proyecto



Fuente: Guía de proyectos UPME [1]

1.2 Metodología para el desarrollo de los proyectos

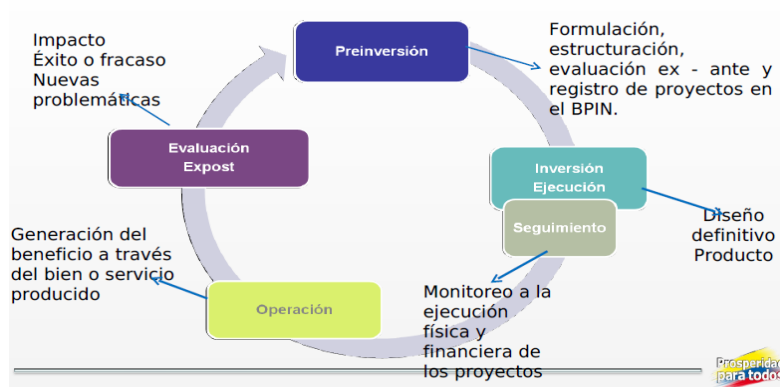
Se pueden encontrar diversas metodologías para desarrollar proyectos de inversión. En esta sección se explica la metodología propuesta por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), para el desarrollo de proyectos [3].

Los proyectos de inversión se deben desarrollar en 4 etapas: pre inversión, inversión, operación y evaluación Expost.

La figura 2 muestra de manera esquemática cada una de las etapas mencionadas y en ella se describe las actividades principales que se realizan en cada paso. En el presente documento sólo se describe la fase de Preinversión, ya que el trabajo realizado se limita a las actividades correspondientes a esta etapa.

Figura 2 Ciclo del proyecto de inversión pública.

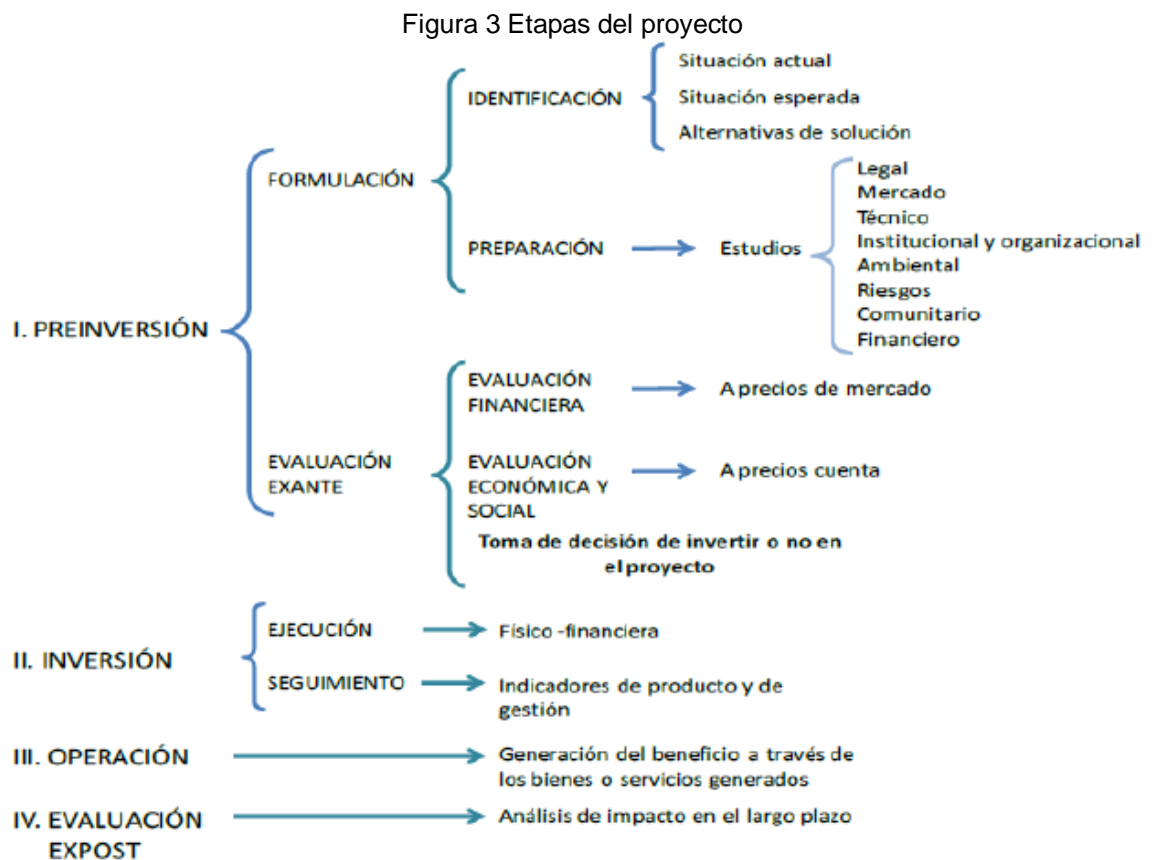
Ciclo del proyecto de inversión pública:



Fuente: DNP [2]

1.2.1 Etapa de preinversión

En la figura 3 se muestra un esquema más detallado de las etapas del proyecto. Se observa que en la etapa de preinversión, es donde se recopila la información requerida para formular y presentar el proyecto ante los fondos de financiación correspondientes. Aquí se realiza la formulación y la evaluación del proyecto que se va a presentar. Dentro de la formulación se deben realizar los procesos de identificación y preparación, los cuales están compuestos por distintas actividades, que serán descritas más adelante. También se describe la evaluación ex ante, la cual a partir de los resultados obtenidos en esta, se decide la alternativa de solución.



Fuente: MANUAL DE SOPORTE CONCEPTUAL PARA EL USO DE LA METODOLOGÍA GENERAL PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS – Departamento Nacional de Planeación DNP

1.2.1.1 Formulación.

En la fase de formulación se realizan dos procesos, los cuales son la identificación y preparación de los proyectos. Estos desarrollarán la necesidad, plantearán una solución y determinarán si se cumple con los requisitos, para determinar la viabilidad del proyecto.

1.2.1.1.1 Fase de identificación

En la identificación, se analizan tres situaciones:

- a) Situación actual, que corresponde al análisis del problema, junto con sus causas y efectos o consecuencias.
- b) Situación esperada, en la cual se identifica el objetivo central, los objetivos específicos, la población y zona a ejecutar.
- c) Alternativas de solución, que corresponde a la determinación de soluciones que realmente puedan ser llevadas a cabo y que al analizarlas, una de ellas pueda ser seleccionada, de acuerdo con criterios previamente definidos, por el formulador del proyecto.

Para analizar las tres situaciones, primero que todo se tendrá que hacer una visita de campo a las comunidades a identificar, realizar el levantamiento de las zonas y así conocer su ubicación geográfica y sus características tanto ambientales como topológicas, para poder empezar a analizar la situación actual del proyecto.

1.2.1.1.2 Fase de preparación

En la preparación se realizan los estudios de cada una de las alternativas identificadas en el proceso anterior. Los estudios más comunes son:

- ❖ **Estudio legal.** Se debe considerar los aspectos legales que lo regulan, teniendo en cuenta la normativa, leyes, decretos, acuerdos y ordenanzas departamentales y territoriales. También se tienen en cuenta las tasas representativas tributarias y retributivas, y aspectos laborales como los salarios, las licencias ambientales y de construcción. Es realizado por el equipo conformado para la estructuración el cual incluye, ingenieros electricistas, ambientales, sociólogos, economistas entre otros.

- ❖ **Estudio de mercado.** El estudio de mercado considera los siguientes aspectos:
 - ✓ Estimar la demanda del bien o servicio de la población beneficiada como lo es el consumo y costo unitario de energía eléctrica por cada tipo de usuario, para valorar la demanda eléctrica proyectada, asumiendo una tendencia creciente del consumo de energía.
 - ✓ Análisis de la oferta. En los casos en donde haya suministro de energía eléctrica se analizan las posibilidades de optimizar los recursos, utilizando la infraestructura existente, para ofrecer el servicio al usuario en las condiciones más adecuadas.

- ❖ **Estudio de localización.** Este estudio considera aspectos como la identificación de la región, departamento, municipio (georreferenciación), tipo de población tales como resguardo indígena y comunidades afroamericanas. También se deben tener en cuenta los costos de los medios de transporte, precios de mano de obra, disponibilidad y valor de los insumos. Adicionalmente, los factores ambientales, disponibilidad de los servicios públicos domiciliarios, tarifa y el valor de las servidumbres.

- ❖ **Topografía.** Para este estudio se requiere realizar la contratación de un topógrafo, para realizar los estudios topográficos de la zona que involucra al proyecto.

- ❖ **Estudio ambiental.** Se recopila información relevante de toda la zona que se pudiera ver afectada ambientalmente. Asimismo, se recopilan los datos sobre demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, con el fin de realizar el estudio de impacto ambiental.

- ❖ **Estudio técnico.** En el estudio técnico se analizan los criterios que definen las especificaciones técnicas de la alternativa de solución seleccionada.

- ❖ **Análisis de riesgos.** En el análisis de riesgos se evidencia que los elementos del sistema eléctrico no estén expuestos a peligros, determinando una adecuada localización. Si la exposición del sistema eléctrico a riesgos es inevitable, plantea mecanismos para reducir el riesgo considerando que el proyecto pueda operar en condiciones mínimas y restablecer su normalidad en un corto plazo.

- ❖ **Estudio aspectos comunitarios.** El objetivo principal es dar a conocer a la comunidad los aspectos y estudios relevantes del proyecto de electrificación, se deben realizar visitas a la zona, concretando reuniones con los miembros de la junta de acción comunal, representantes de la entidad territorial y de la empresa prestadora del servicio eléctrico. De esta manera se garantiza la responsabilidad de cada una de las partes en la ejecución y sostenibilidad del proyecto. Este estudio es realizado por un sociólogo o trabajador social.
- ❖ **Estudio financiero.** Se analiza el valor de la reposición de los activos, costo de suministro, montaje y mantenimiento para la alternativa de solución seleccionada, el nivel de recaudo, la demanda de energía proyectada, licencias y permisos. Asimismo, el número de usuarios a beneficiar y el costo unitario de la energía, la mano de obra, pagos de servidumbres, interventoría de la obra, y otros.

1.2.1.2 Evaluación ex ante

La evaluación ex ante, utiliza la información levantada de cada una de las alternativas de solución en el proceso de preparación, para compararla y seleccionar una de ellas. La alternativa seleccionada se convertirá en el proyecto de inversión que continuará el camino por las siguientes etapas. Esta selección se realiza mediante la evaluación financiera y la evaluación económica y social. Los elementos básicos para la aplicación de estas evaluaciones son:

- ❖ **Evaluación financiera.** En la evaluación financiera se recopila información de la oferta, demanda, precio, inversión, así como los costos de producción y operativos. Realizado por el equipo de trabajo.
- ❖ **Evaluación económica y social.** Identifica y mide los efectos del proyecto sobre las variables económicas de mano de obra, producción, ahorro, o inversión, entre otras. Realizado por el equipo de trabajo.
- ❖ **Decisión:** En esta etapa se direcciona el proyecto a un fondo específico, gestionando la validación de requisitos y formatos respectivos al fondo al cual se dirige. Se realiza tanto el diligenciamiento del Software MGA como el Informe Final y entrega de proyecto con sus documentos soportes.

1.3 Fondos de inversión para proyectos de infraestructura eléctrica

Luego de realizada la etapa de preinversión, se debe enviar el proyecto a uno de los fondos de inversión que el estado tiene disponibles para llevar a cabo obras de infraestructura eléctrica, para así poder obtener los recursos que permitan llevar a cabo la etapa de inversión. Los fondos existentes exigen que se cumplan ciertas características mínimas para poder optar por los recursos que este proporciona.

Los fondos disponibles para este tipo de proyectos son:

- Fondo de Apoyo Financiero para la Electrificación Rural - FAER.
- Fondo de Apoyo financiero para la energización de Zonas No Interconectadas - FAZNI.
- Fondo Nacional de Regalías - FNR

1.3.1 Fondo de Apoyo Financiero para la Electrificación Rural - FAER.

Este fondo fue creado por el artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y reglamentado por el Decreto 1122 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía. Tiene como objeto llevar a cabo la expansión de la cobertura en el sector rural, de los municipios que hacen parte del sistema interconectado nacional SIN.

Los recursos para este fondo provienen del recaudo que realiza el administrador del sistema de intercambio comerciales- ASIC, a razón de \$1,00 (un peso) moneda corriente por cada kWh despachado en bolsa de energía. Estos son pagados por los propietarios de los activos del sistema de transmisión nacional.

La asignación de estos recursos los realiza el comité administrativo, conformado por el Ministerio de Minas y Energía, el Director de energía del Ministerio de Minas y Energía y el Director General de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.

1.3.1.1 Requisitos para la presentación de proyectos al FAER

Los requisitos para presentar los proyectos a este fondo, fueron reglamentados mediante el artículo 11° del Decreto 1122 de 2008 y los acuerdos del comité

administrativo del FAER No. 001, 002, 003, 004 de 2004, y el 005 y 006 del 2005, entre los cuales esta:

- ❖ Carta de presentación
- ❖ Registro BPIN
- ❖ Aval técnico y financiero del operador de red
- ❖ Certificado del operador de red sobre cumplimiento de normas técnicas
- ❖ planos técnicos
- ❖ Presentación del proyecto en la metodología general ajustada – MGA
- ❖ Acta de concertación
- ❖ Estudio socio económico y ambiental
- ❖ Esquema de sostenibilidad
- ❖ Presupuesto general de obra
- ❖ Análisis de precios unitarios A.P.U
- ❖ Cronograma de actividades
- ❖ Certificado de predios y servidumbres
- ❖ Diseños y memorias de cálculo
- ❖ Planos técnicos

De los proyectos identificados, en la región Guajira, por el grupo de trabajo UIS-IPSE, se encontró que ninguno cumple las condiciones para solicitar fondos al FAER, debido a que estos proyectos están ubicados en zonas no interconectadas-ZNI.

1.3.2 Fondo de Apoyo financiero para la energización de Zonas No Interconectadas - FAZNI.

El FAZNI fue creado en los artículos 81 al 83 de la Ley 633 de 2000 con una vigencia a 31 de diciembre de 2007; posteriormente la Ley 1099 de 2006 prolonga su vigencia hasta 31 de diciembre de 2014 y es reglamentado por medio del Decreto Reglamentario 1124 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía. Tiene como objeto la ampliación de la cobertura de la energía eléctrica en las zonas no interconectadas. En este fondo se pone en marcha la generación no convencional o la interconexión de la población al sistema interconectado nacional SIN.

Los recursos del fondo FAZNI provienen igual que los del FAER a través del administrador del sistema de intercambio comercial ASIC, a razón de \$1,00 (un peso) moneda corriente por cada kWh, pero esta vez son pagados por los agentes generadores.

1.3.2.1 Requisitos para la presentación de proyectos al FAZNI

Los requisitos para presentar los proyectos a este fondo, se encuentran reglamentados mediante el artículo 10° del Decreto Reglamentario 1124 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía y los acuerdos del comité administrativo del FAZNI No. 001 y 003 de 2003. [3]

Los planes, programas y proyectos deben ser presentados con la siguiente documentación:

- ❖ Carta de presentación
- ❖ Plan de desarrollo, esquema de ordenamiento territorial
- ❖ Certificado de no presentación a otros fondos
- ❖ Aval IPSE
- ❖ Constancia de sostenibilidad
- ❖ Concepto y aval ambiental
- ❖ Análisis de costos, presupuesto y flujo de fondos
- ❖ Informe de gestión ambiental
- ❖ Informe socioeconómico
- ❖ Acta de concertación
- ❖ Acta de reunión comunitaria
- ❖ Ficha EBI –MGA
- ❖ Diseño y memoria de calculo
- ❖ Lista de beneficiarios
- ❖ Plano de localización

El proyecto de construcción de sistemas solares fotovoltaicos para las comunidades indígenas de MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN del municipio de MANAURE, fue presentado al fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas –FAZNI, por estar ubicado en una zona no interconectada, alejada varios kilómetros, del punto de interconexión más cercano, al sistema de conexión de red tradicional.

1.3.3 Fondo Nacional de Regalías - FNR

Este fondo fue creado por la constitución política de 1991, los recursos provienen de los ingresos de las regalías que no sean asignados a los departamentos y municipios, y se destinarán a las entidades territoriales en los términos que señale las leyes 141 de 1994 y 756 de 2002. Se aplicarán a la promoción de minería y a

financiar proyectos regionales de inversión definidos como prioritarios en los planes de desarrollo de las respectivas entidades territoriales.

Al fondo nacional de regalías se le puede solicitar hasta el 100% del valor del proyecto y hasta un 30% y el 20% [5] para conexiones de usuarios de estratos 1 y 2.

Para conocer más sobre el sistema nacional de regalías, principalmente sobre su normativa, distribución de recursos y proyectos se puede acudir a su página web [5]. El Ministerio de Minas y Energía forma parte de la comisión rectora del sistema nacional de regalías.

1.4 Alternativas de solución

Para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se realizó un análisis preliminar de la viabilidad de utilizar distintas opciones energéticas para el abastecimiento de electricidad. En este caso se analizó: Extensión de la red eléctrica, energía solar y grupos electrógenos.

Alternativas como generación hidráulica y eólica no fueron consideradas por sus altos costos de inversión, la falta de información técnica (mapas de viento, estudios hidráulicos) y la baja demanda de energía del proyecto.

En el caso de la alternativa con grupos electrógenos se evidencia que el combustible empleado sería la gasolina o el ACPM (DIESEL). Producto de un análisis preliminar se evidencia que desde el punto de vista de sostenibilidad del proyecto esta alternativa no debe ser considerada dado los costos de producción de energía mediante este sistema. Según las proyecciones de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) el precio de la gasolina y el ACPM se proyecta con un crecimiento sostenido entre el 4.5% y el 5.9%, condición que implica que el costo de producción del kWh superaría los 400 \$/Kwh para una eficiencia térmica tipo de 35% de los grupos electrógenos. El anterior precio no considera los costos del AOM. Cabe resaltar que en dicha zona del país, el combustible es un poco más económico que en otros Departamentos, ya que ésta región se surte de gasolina traída de Venezuela por la Vía Paraguachón y en contrabando por las vías rurales. Sin embargo, cuando se presentan situaciones adversas en la frontera (cierre de frontera, decomisos, etc.), los precios suelen subir, al punto de estar por encima de los costos del combustible nacional.

Para las alternativas de extensión de redes eléctricas y generación fotovoltaica se muestran las tablas 1 y 2, donde se realiza la comparación de las dos alternativas, para el caso concreto de este proyecto.

Tabla 1 Características de la tecnología: Extensión de la red

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Extensión de la red	Alta	<p>Dada la baja densidad del consumo, los costos de distribución son, en general, elevados. A modo de referencia, se puede indicar que el costo por cliente para topografías como la del presente proyecto y las distancias promedio inferiores a 10 km de la red principal de 13,2 kV están cercanos a los quince millones de pesos (\$15 000 000), en distribución monofásica y distribución secundaria en red trezada. No se incluye instalación interna.</p>	<p>Existe una larga experiencia en este tipo de proyectos. Es un servicio de alta confiabilidad.</p> <p>No está sujeto a variaciones del recurso energético.</p> <p>Los costos del sistema y de cada uno de sus componentes son conocidos.</p> <p>Existe una institucionalidad madura. Existen recursos financieros importantes en las empresas que realizarían este tipo de proyectos.</p> <p>Los costos para el usuario final estarían por debajo de los 350 \$/kWh, sin subsidios.</p> <p>Dada la "robustez del sistema" tiene disponibilidad para demandas instantáneas de arranque de motores.</p>	<p>La baja rentabilidad del proyecto hace poco atractivo para las empresas eléctricas desarrollar proyectos rurales.</p> <p>Por las distancias los tiempos de respuesta de mantenimiento son largos (mayores a un día).</p> <p>Los usuarios potenciales no cuentan con los recursos suficientes para comprometerse con el costo de una factura mensual con la Empresa de Servicio de Energía.</p>	<p>- No se entregan valores debido a que se considera que el límite está determinado por criterios económicos más que técnicos.</p>	<p>Iluminación residencial y alumbrado público</p> <p>Electricidad para electrodomésticos</p> <p>Bombeo eléctrico de agua</p> <p>-Comunicaciones: telefonía rural, televisión, recepción de radio, comunicación local por radios de banda ciudadana</p> <p>-Talleres artesanales (taladros, sierras, etc.)</p> <p>Sector agro-industrial</p>

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS-IPSE

Tabla 2 Características de la tecnología: Sistema fotovoltaico

Tecnología	Madurez de la Tecnología	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Fotovoltaica	<p>Tecnológica mente Alta</p> <p>Administrativamente y operativamente baja experiencia.</p>	<p>Costo de paneles US\$ 8 a US\$ 10 sin IVA, por watt pico.</p> <p>Costo del sistema instalado sin baterías y sin IVA US\$ 10 a US\$ 15 por watt pico.</p> <p>Costo de baterías US\$1 a US\$1.2 por A-h con vida útil del banco de 4 años.</p>	<p>-Sistemas sencillos, prácticamente sin piezas móviles que puedan fallar</p> <p>-Sistemas confiables. Adecuadamente dimensionados pueden operar sin fallas, entregando su potencia nominal durante muchos años.</p> <p>-Mantenimiento simple desde un punto de vista técnico.</p> <p>-Costos ventajosos en ciertas aplicaciones y localidades</p> <p>-Modularidad</p> <p>-Costos de operación bajos</p> <p>-Vida útil de paneles superior a 20 años</p> <p>-Su operación no produce emisiones ni ruido, ni contaminación.</p> <p>-No se afecta la fauna y flora.</p>	<p>-Inversión significativa, especialmente si la disponibilidad exigida es muy alta.</p> <p>-Inexistencia de suficiente personal calificado para diseñar, montar y mantener una gran cantidad de sistemas pequeños</p> <p>-Mantenimiento Complejo desde un punto de vista administrativo, cuando existe un número significativo de viviendas.</p> <p>-En caso de ocupar esta tecnología en usos productivo, ella está restringida a la potencia máxima de la solución fotovoltaica.</p> <p>Ej. Usando un panel de 80-100 Wh, el uso productivo estará restringido a dichos Valores.</p>	<p>-El sistema debe, con la radiación solar mínima, poder abastecer la demanda máxima.</p> <p>- Salvo para potencias muy pequeñas, el promedio de radiación solar debe exceder 4 2 kWh/m día</p> <p>-La topografía u obstáculos locales no deben bloquear el sistema</p>	<p>Iluminación residencial y alumbrado público</p> <p>Electricidad para electrodomésticos (Televisores, radio, sonido).</p> <p>Comunicaciones: Telefonía rural, televisión, recepción de radio, comunicación local por radios de banda ciudadana</p> <p>-Talleres artesanales (taladros, sierras, etc.) de bajo consumo.</p>

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS-IPSE

Dadas las anteriores condiciones y a las económicas de la región, se consideró que la alternativa más conveniente para este proyecto es la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Debido a que con la interconexión eléctrica el costo inicial de inversión sería demasiado alto, considerando la escasa demanda que existe en las comunidades. Además de esto, suelen presentarse problemas de tipo social al desarrollar proyectos de extensión en comunidades indígenas, debido a que la negociación de la servidumbre suele ser problemática, ya que suele haber miembros de la comunidad que no permiten que se toquen sus tierras, que consideran ancestrales y sagradas.

En este orden de ideas, se justifica el proyecto mediante sistemas fotovoltaicos, considerando las ventajas que representa, en la zona donde se va a implementar. Estas son:

- Disponibilidad de la fuente primaria
- Menor tiempo de instalación del sistema
- Bajo costo de transporte e instalación
- Puede suplir las necesidades básicas de energía para la comunidad
- Seguridad para las personas beneficiadas con el sistema.

Por otra parte, la implementación de las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables toma especial importancia, al revertir el impacto ambiental, debido al uso de combustibles fósiles y del agua para la generación de energía.

2. ESTADO ACTUAL DE PROYECTOS DE ENERGÍA NO CONVENCIONAL EN LA GUAJIRA

En todo el país la red convencional ha sido la única que ha energizado a más de la mitad de los habitantes, pero existe un porcentaje de estos habitantes que aún no poseen el suministro de energía eléctrica, haciendo que estos sectores del país no tengan una buena calidad de vida. Desde hace unos años se ha venido estudiando las posibilidades de llegar a estas zonas aisladas mediante métodos de generación no convencionales como son especialmente la generación solar, generación diésel y la generación eólica.

En este capítulo se presentará el estado actual de proyectos de energía solar fotovoltaica, generación mediante plantas diésel y la generación eólica que se han construido en La Guajira.

2.1 Sistemas fotovoltaicos

Los dispositivos fotovoltaicos transforman directamente la radiación solar en electricidad. Estos SFV (Sistemas Fotovoltaicos) carecen de partes móviles y no producen desechos sólidos, ni líquidos. Durante su operación las celdas solares individuales se conectan en serie o en paralelo para formar módulos [13], los cuales se pueden configurar apropiadamente para generar una determinada intensidad de corriente a una tensión específica. Las aplicaciones actuales en que estos sistemas son eficientes en costos son por lo general, el suministro de energía eléctrica para cargas eléctricas remotas y aisladas (fuera de la red). Los mayores mercados para esta generación son las zonas rurales de los países en desarrollo.

El uso de los sistemas fotovoltaicos en Colombia inició a comienzos de la década de los 80 con el programa de telecomunicaciones rurales de TELECOM. Con este programa se instalaron generadores fotovoltaicos de 60 Wp para radio teléfonos rurales. Este programa siguió creciendo y llegó a instalar de 3 a 4 Wp para las antenas satelitales.

En La Guajira se encuentran gran variedad de proyectos de generación fotovoltaica a pequeña escala, así como también se encuentran los sistemas híbridos, los cuales combinan dos o más fuentes de generación. Estos sistemas son utilizados para generar electricidad en zonas aisladas.

En la figura 4 se muestra un sistema de poligeneración instalado en Nazareth, en la Alta Guajira. Este combina energía solar, eólica y térmica. El proyecto benefició a 2000 habitantes y fue gestionado por el Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas -IPSE

Figura 4 Sistema híbrido solar, eólica, térmica



Tomado de: [12]

En la figura 5 se muestra un sistema solar fotovoltaico instalado en Nazareth, para complementar el suministro de demanda de energía a las localidades de Nazareth y Puerto Estrella.

Figura 5 Sistema solar fotovoltaica Nazareth

Generación Solar Fotovoltaica Nazareth

- **Localización:** Nazareth (Alta Guajira)
- **Descripción:** Implementación de Sistema Solar Fotovoltaico de inyección a red, conformado por 8 seguidores solares para complementar el suministro de demanda de energía a las localidades de Nazareth y Puerto estrella.
- **NBI:**96.05%
- **Campo Solar Fotovoltaico:** 100 kWp
- **Fecha de entrada de operación:** Diciembre de 2011



Tomado de: [14]

En la figura 6 se muestra un sistema solar fotovoltaico utilizado en un aula bioclimático.

Figura 6 Sistema campo solar fotovoltaica

Implementación aulas bioclimáticas en la ZNI

- **Localización:** Departamentos de Chocó, Antioquia, Bolívar y Guajira
- **Descripción:** Espacios bioclimáticos habitables según caracterización geográfica y fuentes energéticas como programa de URE
- **Campo Solar Fotovoltaico:** 1.2 kWp
- **Estado del proyecto:** En ejecución
- **Fecha de culminación:**28 de febrero de 2013
- **Costo por unidad:** 50 millones de pesos.



Aula Bioclimáticas

Tomado de: [14]

2.2 Sistemas de generación diésel y eólica

Los generadores eólicos transforman la energía del viento en electricidad. Estos generadores consisten generalmente de un rotor multipala (bipalas o tripalas), un engranaje (caja de velocidades) y un generador eléctrico, de tipo síncrono o asíncrono. Nuevos desarrollos han permitido suprimir el engranaje. Estos generadores durante su operación no producen desechos sólidos, ni líquidos. Se emplean actualmente en parques eólicos, en donde se interconectan directamente a la red.

Lo interesante de esta generación es que se pueden usar en sistemas aislados, los mayores mercados son las zonas rurales de los países en desarrollo para sistemas pequeños (hasta algunos kW) y los parques eólicos con capacidades instaladas desde algunos MW hasta decenas de MW.

Conjuntamente se pueden usar con otros sistemas de generación como la diésel la cual forman configuraciones denominadas sistemas híbridos.

La generación diésel es muy utilizada en la generación de zona aisladas no interconectadas con el Sistema Nacional y estas pueden funcionar tanto como de forma continua, como de forma intermitente dependiendo del tipo de carga que se vaya alimentar y de cómo fue diseñado el Sistema.

En La Guajira se encuentran funcionando varios sistemas de generación eólica, siendo el departamento con mayor generación de este tipo en el país (Colombia). Uno de los primeros proyectos implementados en La Guajira fue el parque piloto Jepirachi, desarrollado por Empresas Públicas de Medellín (EPPM).

Para la construcción del parque piloto Jepirachi, EPPM llevó a cabo los siguientes trabajos:

- **1998: ENERGÍA EÓLICA. SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS**
Estudio del estado del arte, evolución y tendencias de la energía eólica en el mundo y perspectivas en Colombia.

- **ESTUDIOS DEL POTENCIAL EÓLICO EN COLOMBIA**
Identificación y evaluación gruesa de parque en La Guajira.

- **1999: ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO EÓLICO ALTA GUAJIRA**
Reconocimiento y viabilidad técnica, económica y ambiental de un parque eólico piloto de 24,7 MW (finaliza en agosto 2002)

- **2001: CONVENIO DE ASISTENCIA TÉCNICA CON LA GTZ**
Mediciones de vientos. Estudios de factibilidad –Diseño (Fin 2002).

**PROGRAMA GENERAL DE ENERGÍA EÓLICA.
FONDO PROTOTIPO DEL CARBONO**

- 2002: DECISIÓN DE CONSTRUCCIÓN PARQUE EÓLICO PILOTO

En la tabla 3 se resumen las características técnicas del parque eólico Jepirachi.

Tabla 3 Características del parque eólico Jepirachi

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PARQUE EÓLICO JEPIRACHI	
• Potencia nominal total	19,5 MW
• Número de aerogeneradores	15 Nordex N60/1300
• Potencia de cada aerogenerador	1,3 MW
• Diámetro de aspas	60 m
• Altura de torre	60 m
• Línea de conexión	700 m
VIENTOS Y ENERGÍA:	
• Velocidad promedio	10,01 m/s
• Energía media anual	80 GWh/año
ENTRADA EN OPERACIÓN:	Marzo 2004

Fuente: [39]

En la figura 7 se muestran los aerogeneradores instalados en el parque eólico Jepirachi.

Figura 7 Parque eólico Jepirachi



Tomado de [14]

En la figura 8 se muestra un sistema híbrido donde se combina generación solar, eólica y diésel. En este caso se utiliza un aerogenerador de baja capacidad de generación (5kW).

Figura 8 Generación híbrido solar- eólico- diésel

**generación híbrido solar-
eólico- diesel**

- **Localización:** Flor del paraíso (Alta Guajira)
- **Descripción:** Implementación de Sistema híbrido eólico-solar-diesel con disponibilidad de 24 horas de energía y adecuaciones de la infraestructura eléctrica internas y suministro de equipo de refrigeración solar para el almacenamiento de alimentos del comedor infantil
- **Campo Solar Fotovoltaico:** 2.9 kWp
- **Generación Eólica:** 5 kW
- **Fecha de entrada de operación:** Diciembre de 2011
- **Costo del proyecto:** 200 millones de pesos.



Sistema de generación híbrido eólico-solar-diesel

Tomado de [12]

Considerando las especificaciones que cumple cada uno de los proyectos de energía alternativa y basándose en los criterios de diseño se pueden definir características generales. En cuanto a los diseños se tienen que hacer los estudios correspondientes para el dimensionamiento de cada uno de estos, teniendo en cuenta la carga de la población a estimar y el uso que se dará. Para los costos de la generación se considera la capacidad a que trabaja cada sistema y se evalúa el costo de inversión para calcular el costo por kWh.

3. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS A ESTRUCTURAR

Un conjunto de proyectos solicitados a las alcaldías de los diferentes municipios del departamento de La Guajira, entraron en estudio para ser estructurados con el convenio UIS-IPSE. Los gobernantes entregaron los proyectos que consideran que tienen mayor necesidad de electrificación. De acuerdo con la documentación y el estado del proyecto recibido, se realiza una selección donde se priorizaran aquellos proyectos que puedan ser estructurados y presentados ante el fondo de financiación en un corto plazo.

La selección se realiza mediante dos etapas:

- ✓ En la primera se realiza el levantamiento y estudio de la documentación entregada por los gobernantes. Esta información será estudiada y evaluada.
- ✓ Con la calificación que presente cada proyecto, según los criterios establecidos por el grupo de trabajo, se seleccionan los proyectos a estructurar y esta sería la segunda etapa a trabajar.

3.1 Identificación de proyectos a estructurar.

Los entes territoriales (departamentos, municipios y resguardos indígenas) y las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica presentan los planes, programas o proyectos ante el IPSE, para la revisión inicial de documentos y análisis de viabilidad técnica. Si estos llegan a ser favorables, pasan al análisis de viabilidad financiera de la UPME. En el caso en que el plan, programa o proyecto sea rechazado, este es devuelto a la entidad que lo haya presentado para que realice los ajustes correspondientes.

Los proyectos que se estructuran para la energización de las zonas aisladas serán presentados ante el Ministerio de Minas y Energía teniendo en cuenta la localización del proyecto. Dependiendo si es para electrificación rural o para energización en zonas no interconectadas, se hará el respectivo direccionamiento al fondo correspondiente.

Como primer paso para estructurar los proyectos se realiza una concertación con la comunidad beneficiada. Se les informa sobre las características del proyecto así como los beneficios de contar con energía eléctrica. Luego de la concertación, los miembros de la comunidad, a través de una carta, expresan a la alcaldía su interés en la estructuración del proyecto de infraestructura eléctrica.

El ente territorial proporciona información al grupo de trabajo sobre los distintos proyectos que se pueden estructurar. Esta información suele ser básica y consiste

en ubicación del proyecto, número de usuarios, distancia al punto de interconexión eléctrica, entre otros.

En la tabla 4 se muestran los proyectos identificados, los cuales se analizaron para seleccionar los que se van a estructurar.

Tabla 4 Proyectos identificados en La Guajira

PROYECTO	VEREDA	USUARIOS	MUNICIPIO
P1	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE JULUWAYPA Y AMPUITA	19	MUNICIPIO DE MANAURE
P2	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE MURRALEIN	12	MUNICIPIO DE MANAURE
P3	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD DE CURICHE	12	MUNICIPIO DE MANAURE
P4	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LA VEREDA DE CASCARILLAL	50	MUNICIPIO DE URUMITA
P5	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LA VEREDA DE TIERRAS NUEVAS LOS TRES PICOS	48	MUNICIPIO DE URUMITA
P6	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LA VEREDA DE SIERRA NEGRA	50	MUNICIPIO DE URUMITA
P7	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS LAS FLORES Y LOS PLANES	46	MUNICIPIO DE URUMITA

P8	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE LOS CLAROS, LA MONTAÑA, EL PINTAO Y VOLCANCITO	60	MUNICIPIO DE URUMITA
P9	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE LA ESPERANZA EL TIROL Y PIES DEL CERRO DE PEDREGAL	35	MUNICIPIO DE URUMITA
P10	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE DUDAS AGUAS ARRIBA, TORMENTO EL ANIS Y LAS COLINAS	56	MUNICIPIO DE URUMITA
P11	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS LAS MESAS Y LOS ESTADOS	57	MUNICIPIO DE URUMITA
P12	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES MAROCAZO, EL RINCÓN Y TEMBLADERA	60	MUNICIPIO DE SAN JUAN DEL CESAR
P13	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS EL BEJUCO, BOLADORCITO Y QUINTO PATIO	47	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P14	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LA VEREDA LAS ILUSIONES	21	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P15	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE LOS BARRIALES Y NUEVAS IDEAS	42	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P16	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LA VEREDA DE FARIAS Y LOS TOMACOS	38	MUNICIPIO DE EL MOLINO

P17	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE LA MONTAÑA, CATATUMBO Y POTRERITO	23	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P18	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE EL MANANTIAL, LA TRANCA, EL RINCÓN Y LA MORADA	25	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P19	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS DE EL CORRAL, OREJERO Y SAN BENITO	26	MUNICIPIO DE EL MOLINO
P20	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL CENTRO ETNOEDUCATIVO NO. 1 CARACAS RULEYA LA SEDE PRINCIPAL, SATÉLITES Y COMUNIDADES	280	MUNICIPIO DE MANAURE
P21	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN	36	MUNICIPIO DE MANAURE

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS-IPSE

3.2 Evaluación y selección de los proyectos

A partir de la tabla 4 que contiene los proyectos identificados en la región, se inicia la fase de evaluación y calificación a partir de la planilla formulación de proyectos [15].

El criterio para la calificación es de uno (1) a cinco (5), siendo cinco la mejor calificación. Esta depende de la cantidad de información que se tenga sobre el proyecto analizado y de ciertas características que se mencionan más adelante en esta sección.

Principalmente se realizan dos evaluaciones que fueron formuladas por el grupo de trabajo del convenio UIS-IPSE. Estas se describen a continuación.

En la tabla 5 se muestra la **clasificación de impacto de cobertura**, la cual consiste en la evaluación a partir del número de viviendas beneficiadas con el proyecto.

Tabla 5 Calificación por número de usuarios

CALIFICACIÓN COBERTURA	Rango No Usuarios		Calificación
	0	10	1
	11	20	2
	21	30	3
	31	40	4
	41		5

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

Calificación de requerimientos para estructuración: Esta calificación se obtiene al tomar el promedio ponderado de la evaluación de cinco aspectos que se mencionan a continuación:

- ❖ *Valor de la estructuración*, este ítem equivale al 50% de la calificación total y en la tabla 6 se muestra su modo de evaluación, el cual se determina a partir de los costos de estructuración.

Tabla 6 Calificación por costo de estructuración

CALIFICACIÓN COSTOS ESTRUCTURACIÓN \$	Rango de Costos \$		Calificación
	-	20.000.000	5
	20.000.001	40.000.000	4
	40.000.001	60.000.000	3
	60.000.001	80.000.000	2
	80.000.001		1

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

- ❖ *Tiempo de la estructuración*, equivale al 5% de la calificación total. En la tabla 7 se muestra su modo de evaluación. Este depende de la cantidad de meses que tome estructurar el proyecto.

Tabla 7 Calificación por tiempo de estructuración

CALIFICACIÓN TIEMPO DE ESTRUCTURACIÓN MESES	Rango de meses		Calificación
	-	1,0	5
	1,1	2,0	4
	2,1	3,0	3
	3,1	4,0	2
	4,0		1

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

- ❖ *Valor de la inversión*, equivale al 5% de la calificación total. En la tabla 8 se muestra su modo de evaluación. Esta depende del valor a invertir en la alternativa seleccionada.

Tabla 8 Calificación por valor de inversión.

CALIFICACIÓN VALOR DE LA INVERSIÓN	Rango de Valor (\$)		Calificación
	0	500.000.000	5
	500.000.000	600.000.000	4
	600.000.001	700.000.000	3
	700.000.001	800.000.000	2
	800.000.001		1

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

- ❖ *Requisitos de pre inversión*, que corresponde al 35% de la calificación total. Esta analiza si el proyecto ya cuenta con cada uno de los pasos de la pre-inversión del proyecto, explicados en el capítulo 1.
- ❖ *Requisitos ante el fondo de financiación*, que corresponde al 5% de la calificación total. Para su evaluación se revisa qué requisitos de los que exige el FAZNI se están cumpliendo en ese momento.

En la tabla 9 se resume la ponderación de la calificación de requerimientos para estructuración.

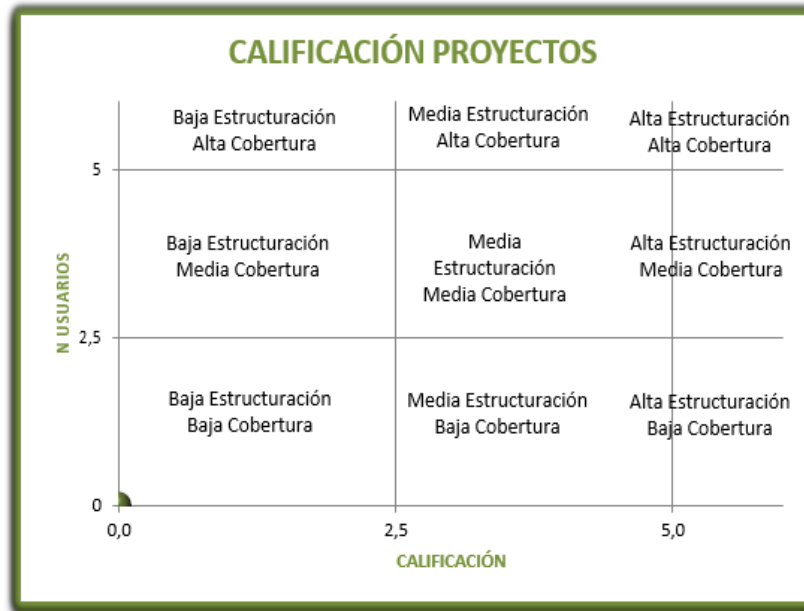
Tabla 9 Ponderación de la calificación de requerimientos para estructuración

Calificación de requerimientos para estructuración 100%	Calificación por costo de estructuración 50%
	Calificación por tiempo de estructuración 5%
	Calificación por valor de inversión 5%
	Requisitos de pre inversión 35%
	Requisitos ante el fondo de financiación 5%

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos a partir de las dos evaluaciones se ubican en una matriz que corresponde al primer cuadrante de un eje de coordenadas, donde a la abscisa se le asigna la calificación de los criterios de estructuración y a la ordenada la calificación de impacto de cobertura (número de usuarios). Esta matriz se muestra en la figura 9.

Figura 9 Grafico número de usuarios vs calificación de requerimientos



Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

A partir de los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas a los proyectos listados en la tabla 9, se obtuvo la matriz mostrada en la figura 10. En ella se observa que calificaron para estructurarse 5 proyectos.

Figura 10 Grafico número de usuarios vs calificación de requerimientos



Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

Uno de los proyectos calificados fue el P21, el cual consiste en la construcción de sistemas solares fotovoltaicos para las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain. Se tomará este proyecto como ejemplo para mostrar el proceso de estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica.

En la tabla 10 se muestran los resultados de las calificaciones que obtuvo este proyecto en la evaluación realizada previamente.

En la tabla 11 se muestra en detalle los costos que componen el costo total para estructuración del proyecto.

Tabla 10 Resultados de calificación proyecto P21.

ESTRUCTURACION DE PROYECTOS ENERGETICOS IPSE-UIS		
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN		
MUNICIPIO DE MANAURE		
CALIFICACIÓN IMPACTO DE COBERTURA		
Cobertura (No de Viviendas)	36	
CALIFICACIÓN IMPACTO COBERTURA	4,0	
CALIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA ESTRUCTURACIÓN		
CALIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA ESTRUCTURACIÓN	2,8	100%
VALOR DE LA ESTRUCTURACIÓN (\$)	36.950.000	50%
Calificación del valor de la estructuración	4,0	
TIEMPO DE ESTRUCTURACIÓN (MESES)	2,5	5%
Calificación del tiempo de la estructuración	3,0	
REQUISITOS PREINVERSIÓN	5%	35%
Calificación de los requisitos de pre inversión	0,7	
VALOR INVERSIÓN	720.000.000	5%
Calificación valor de inversión	2,0	
REQUISITOS ANTE FONDOS DE FINANCIACIÓN	5%	5%
Calificación de los requisitos ante fondos de financiación	5,0	
CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO		
FONDO DE FINANCIACIÓN	FAZNI	
ESTUDIO TÉCNICO	Solar	

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

Tabla 11 Presupuesto Estructuración del proyecto P21.

PRESUPUESTO PARA LA ESTRUCTURACION DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN MUNICIPIO DE MANAURE							
Nº	ACTIVIDADES	UNIDAD	TIEMPO / SEMANAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
0	ESTRUCTURACION DE PROYECTO	und	10	1			
1	Definición conjunta IPSE-UIS de los proyectos a estructurar	und	2	1			
2	IDENTIFICACIÓN	Glb	3	1	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000
3	Desarrollo de la fase de Preparación por Proyecto Seleccionado		8				\$ 34.550.000
3,1	Estudio Legal	und	1	1	\$ 600.000	\$ 600.000	
3,2	Estudio de Mercado	und	1	1	\$ 400.000	\$ 400.000	
3,3	Estudio de Localización	und	1	1	\$ 200.000	\$ 200.000	
3,4	Topografía	und	4	1	\$ 7.680.000	\$ 7.680.000	
3,5	Estudio Ambiental	und	4	1	\$ 7.800.000	\$ 7.800.000	
3,6	Estudio Técnico	und	6	1	\$ 15.120.000	\$ 15.120.000	
3,7	Análisis de Riesgos	und	2	1	\$ 750.000	\$ 750.000	
3,8	Estudio Aspectos Comunitarios	und	2	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	
3,9	Estudio Financiero	und	2	1	\$ 800.000	\$ 800.000	
4	EVALUACION		2				\$ 900.000
4,1	Evaluación Financiera	und	2	1	\$ 500.000	\$ 500.000	
4,2	Evaluación Económica y Social	und	2	1	\$ 400.000	\$ 400.000	
5	Requisitos Generales de Presentación del Proyecto ante Fondos de Financiación	Glb	2	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
TIEMPO TOTAL ESTRUCTURACION			10	COSTO TOTAL PARA ESTRUCTURACION			\$ 36.950.000

Fuente: Grupo de trabajo convenio UIS – IPSE

4. ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

En este capítulo se mostrará la realización de la estructuración del proyecto, *construcción de sistemas solares fotovoltaicos para las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain*. Estas comunidades están ubicadas en el municipio de Manaure del departamento de La Guajira.

El tipo de sistema eléctrico a implementar en este proyecto es el solar fotovoltaico, sin embargo se analiza la alternativa de extensión de una red de distribución existente, para comparar las dos alternativas en relación a sus costos.

La estructuración se realiza siguiendo la metodología general ajustada (MGA) [16], ya que los fondos de financiación exigen que se presenten los proyectos siguiendo esta metodología.

El proyecto está ubicado en una zona no interconectada, además de esto el punto de interconexión a la red más cercano se encuentra a más de 6 km. Por estas características el fondo al que se va a presentar este proyecto es el FAZNI, por lo que se deben cumplir los requisitos exigidos por este.

4.1 Localización Geográfica del proyecto

4.1.1 Localización del municipio de Manaure.

El Municipio de Manaure está ubicado en la República de Colombia, Departamento de La Guajira, en el sector Semidesértico denominado Media Guajira, con una extensión de 78 kilómetros de playas sobre el mar Caribe enmarcado entre las coordenadas planas extremas:

NOROESTE	NORESTE
X = 1"125,000	X = 1"200,000
Y = 1"800,000	Y = 1"800,000
SUROESTE	SURESTE
X = 1"125,000	X = 1"200,000
Y = 1"755,000	Y = 1"755,000

En coordenadas geográficas su ubicación extrema es:

LATITUD NORTE: Entre los 11° 30" y 11° 45" Latitud Norte

LONGITUD OESTE: Entre los 72° 25" y 73° 00" Longitud Oeste

Límites. El Municipio de Manaure limita así:

Por el norte: con el Mar Caribe.

Por el sur: con el Municipio de Riohacha y el Municipio de Maicao.

Por el oeste: con el Municipio de Riohacha y el Mar Caribe.

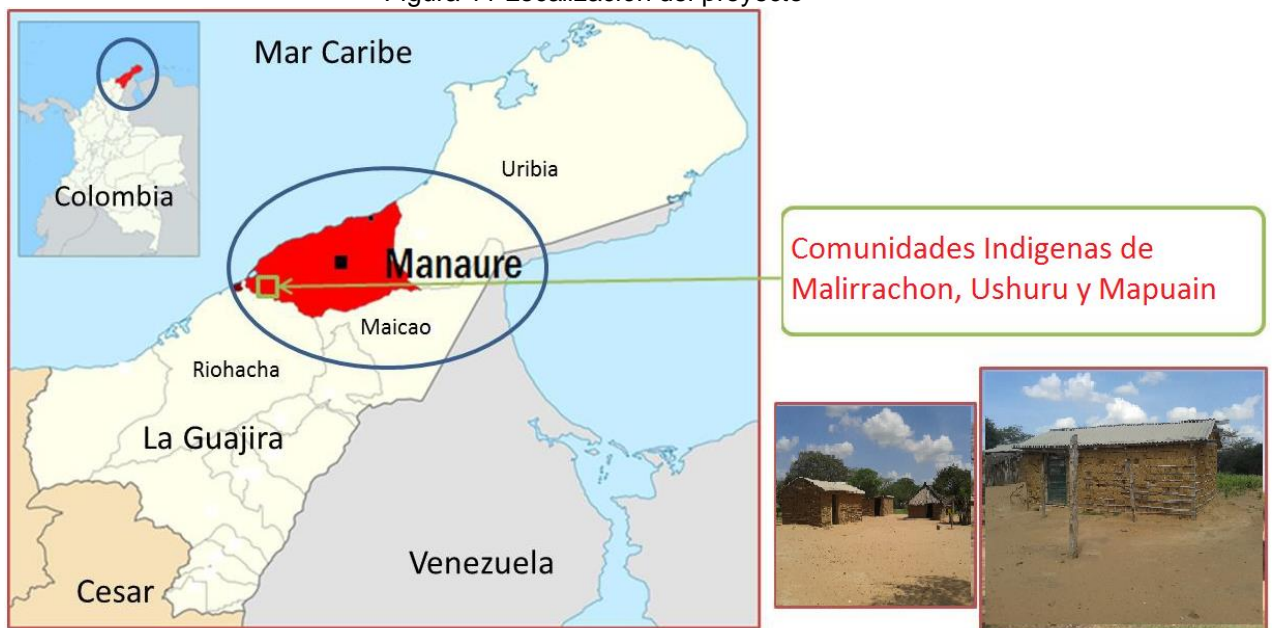
Por el este: con el Municipio de Uribía y Maicao.

Extensión total tierra: 1643 km².

Altura sobre el nivel del mar: 10 metros sobre el nivel del mar.

En la figura 11 se muestra el mapa de La Guajira, se señala el municipio de Manaure y una aproximación de donde estarían ubicadas las comunidades donde se desarrolla el proyecto.

Figura 11 Localización del proyecto



Fuente: Modificado de [38]

4.1.2 Comunidades Ushuru – Malirrachon – Mapuain

Las Comunidades Indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain del Municipio de Manaure - Guajira, con una población aproximada de ciento ochenta (180) personas, ubicadas en 36 viviendas, no tienen servicio de energía eléctrica. Como consecuencia de esta carencia hay un bajo uso de tecnologías de comunicación como la televisión, radio e internet. Se utiliza la telefonía celular, pero su uso es muy restringido por la dificultad para renovar la carga de los teléfonos móviles. La iluminación de las viviendas se basa en velas y lámparas de combustible, lo cual conlleva a que haya mayores peligros de accidentes caseros y mayor contaminación doméstica por presencia de humo.

No hay estudios de ninguna clase sobre cada una de las comunidades indígenas. Existe mucha información de los Wayuu de manera genérica, pero ningún estudio específico que diferencie y caracterice cada una de sus comunidades indígenas.

Malirrachon, Ushuru y Mapuain son comunidades rurales de la etnia wayuu, todas ubicadas a, aproximadamente, entre cuarenta y cincuenta minutos del municipio de Riohacha por la vía que conduce a Maicao y a dos horas de Manaure por carretera destapada en regulares condiciones.

El centro poblado del corregimiento El Pájaro es quien provee a la comunidad con productos básicos de la canasta familiar, además de pilas para linternas y radios, que son un artículo fundamental en todas estas comunidades

Sus viviendas (Figura 12) están construidas en Yojotoro (cardón del árbol de la Iguaraya), aunque últimamente han comenzado a usar tejas de zinc, que la misma comunidad ha considerado un error por generar excesivo calor, por eso las últimas viviendas han sido techadas con tejas de eternit. Las paredes usualmente son en barro (eso como un refrigerante natural), algunas están hechas en tabla y las últimas en ladrillo.

Figura 12 Viviendas en las comunidades



Fuente: Autores

La inmensa mayoría de los integrantes de las comunidades sólo hablan wayunaiki, aunque muchos entienden el español al escucharlo; son bilingües los más jóvenes que han ido a la escuela.

Se observó durante la visita realizada a la comunidad, que debido a la falta de electricidad, la población suele terminar sus actividades diarias en las horas de la tarde, antes de que se oculte el sol. En la figura 13 se muestra a una artesana Wayuu realizando un tejido para una mochila (accesorio típico Wayuu). Este tipo de actividades no se suele realizar en las noches por la falta de iluminación.

Figura 13 Artesana Wayuu



Fuente: Autores

4.2 Identificación del problema.

En el municipio de Manaure Departamento de La Guajira, existe una débil infraestructura para el servicio y cobertura de la energía eléctrica. La deficiencia del sistema eléctrico ha llevado a realizar racionamiento del servicio durante ciertas horas del día, lo cual afecta a la población en sus múltiples ocupaciones, y de manera directa el sector económicamente productivo de la región. En el sector rural la situación es más compleja aún, ya que por condiciones topológicas y el difícil acceso a gran parte de las poblaciones de la zona, estas no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

La zona rural no es ajena a la demanda de un servicio de energía eficiente, óptima y que brinde su accesibilidad a los centros de carga cercanos, de ahí la necesidad de llevar la electrificación a la comunidad.

4.3 Situación actual

Los habitantes de las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain municipio de Manaure, Departamento de La Guajira, carecen del servicio de energía eléctrica, lo cual hace difícil el desarrollo tanto económico como social de cada uno de sus habitantes, obligando a la comunidad a recurrir a otras alternativas para satisfacer las necesidades de iluminación como velas o mechones. Otros viven a oscuras ocasionando esto, el desmejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región.

Por encontrarse en una zona rural aislada y que sus pocos habitantes se encuentren muy dispersos, el diseño de redes eléctricas por parte del operador de red se vuelve complejo, principalmente desde el punto de vista económico. Financieramente los proyectos que se formulen no son viables, debido a la dispersión geográfica de las viviendas y a la baja capacidad de pago de las personas que viven en ellas; representando para la el Operador de Red un bajo incentivo de remuneración.

➤ Problema central:

El problema específico a solucionar es que 36 familias de las comunidades mencionadas anteriormente no cuentan en su totalidad con el servicio de energía eléctrica.

❖ Causas

- ✓ Poco incentivo de remuneración para que el operador de red formule alternativas de solución energética en los sectores rurales y en zonas con baja demanda de energía.
- ✓ Pocos recursos financieros por parte del ente departamental y municipal para invertir en una nueva infraestructura eléctrica.
- ✓ Difícil acceso a las zonas donde se presenta la necesidad del servicio de energía eléctrica. Zonas rurales aisladas, en las cuales no resulta financieramente viable el desarrollo del proyecto para la electrificación, debido a la dispersión geográfica.

❖ **Efectos**

- ✓ Bajo crecimiento económico de la región.
- ✓ Daños en los productos perecederos, así como también en los equipos eléctricos, tanto de los habitantes, como del operador de red.
- ✓ Restricciones en la disponibilidad de telecomunicaciones. La falta de energía eléctrica ha limitado de manera considerable las telecomunicaciones. Principalmente el acceso a la información como la radio, la televisión y el internet.

4.4 Situación esperada

Con este proyecto se busca brindar el servicio de energía eléctrica, a las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain, del municipio de Manaure, departamento de La Guajira, lo cual mejoraría la calidad de vida de los nuevos usuarios ayudando así al desarrollo no solo del municipio sino del país.

❖ **Objetivo Principal**

Llevar el servicio de energía eléctrica a 36 familias de las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain municipio de Manaure, departamento de La Guajira.

❖ **Medios**

- ✓ Estructurar proyectos de infraestructura eléctrica donde se puedan usar energías alternativas, como la fotovoltaica, en lugares a donde llevar la red eléctrica convencional sea complicado o económicamente inviable.
- ✓ Compromisos por parte de los entes territoriales, para que estas familias puedan tener el servicio de energía eléctrica, a través de los fondos de financiación creados para este fin, aprovechando el apoyo que les brinda el convenio UIS – IPSE.

❖ Fines

- ✓ Aumentar el crecimiento económico de la población, incrementando su productividad, al poder contar con iluminación en horarios nocturnos.
- ✓ Facilitar la conservación de productos perecederos, así como el uso de equipos y aparatos eléctricos en la comunidad.
- ✓ Acceso de la comunidad a los medios de comunicación e información, como son, la radio, la televisión y el internet.

4.5 Alternativas de solución

Para cumplir de manera satisfactoria con los objetivos y luego de realizar un análisis preliminar de la viabilidad de utilizar distintas opciones energéticas para el abastecimiento de electricidad, se plantea como solución, la implementación de sistemas solares fotovoltaicos. Se llevará a cabo, sin embargo, un análisis de la alternativa de extensión de la red eléctrica convencional, para realizar la comparación de costos de este método convencional con el método no convencional elegido (sistema fotovoltaico).

Otras alternativas de solución como generación hidráulica y eólica no fueron analizadas, pues son soluciones que requieren información técnica más precisa, como mapas de viento o estudios hidráulicos; además, se estima que el futuro centro de carga contará con una baja demanda de energía.

A pesar de que se analiza la alternativa de extensión de la red eléctrica convencional, esta no se escoge debido a la gran distancia al punto de interconexión (más de 4 km) y al interés de los entes territoriales de promover el uso de fuentes no convencionales de energía.

4.6 Análisis de las alternativas de solución.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de los estudios técnicos realizados a las dos alternativas mencionadas anteriormente. Estos estudios fueron llevados a cabo cumpliendo con la normativa existente en el país (Colombia) y en la zona donde se llevará a cabo el proyecto (La Guajira).

En el anexo C se encuentra la memoria de cálculo de la alternativa de sistema solar fotovoltaico. En ella se detalla el cuadro de cargas, el cual se determinó a partir del consumo normal de una familia de estrato 1, tomando las potencias de

electrodomésticos consultadas en la página web del operador de red local (Electricaribe) [26].

En los anexos A, B, E, F, G, H J y K se encuentran los presupuestos, matrices de cálculo y las memorias de cálculo de la alternativa de extensión de la red existente. Para este estudio se dividen las poblaciones en dos grupos:

- Malirrachon-Ushuru
- Mapuain

Esto fue necesario ya que se tienen dos puntos de interconexión diferentes, uno para cada grupo de población.

4.6.1 Alternativa sistema solar fotovoltaica

A partir del diseño realizado en el anexo C (Alternativa de solución Sistema Solar Fotovoltaico), se determina una lista de elementos necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico por cada vivienda (ver tabla 12).

Tabla 12 Elementos necesarios Sistema fotovoltaico

ELEMENTO	CANTIDAD
Módulo Fotovoltaico	4
Baterías	12
Inversor	3
Regulador de Carga	2
Estructura de soporte	1

Fuente: Autores

4.6.1.1 Presupuesto sistema solar fotovoltaico

En la tabla 13 se presenta el costo total de los elementos necesarios para implementar la alternativa de sistema solar fotovoltaico para cada usuario. Se tomó como vida útil, para el óptimo funcionamiento de todos los elementos, un tiempo de 20 años, teniendo como excepción la batería, la cual tiene una vida útil de 10 años. Sin embargo en la tabla 13 se ingresa la cantidad total de baterías a usar en un tiempo

de 20 años, ya que este es el tiempo de vida útil que se tomó como referencia para todos los elementos.

Tabla 13: Costo de elementos de sistema fotovoltaico

COSTO TOTAL DE LOS DISPOSITIVOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
MODULO FOTOVOLTAICO 230 [w]	4	840343	\$3.361.372
Bateria monoblock U- POWER 250 ah 12V	12	612170	\$7.346.040
Inversor samle x SA-600R-124 600 Watt	3	607649	\$1.822.947
Regulador de carga Midnite solar classic lite 150 96 A	2	1054053	\$2.108.106
Estructura de soporte ESTRUC-HILTI-4	1	941686	\$941.686
COSTO TOTAL			\$15.580.151

Fuente: [31], [32], [33], [34], [35], [36]

En la tabla 14 se muestra el presupuesto general de obra proyectos del FAZNI. En ella se observa el valor total del proyecto de construcción de sistema solares fotovoltaicos, para las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain.

Tabla 14: Presupuesto sistema fotovoltaico

PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA PROYECTOS DE FAZNI									
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN									
Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario				Valor Unitario	Subtotal ítem
				Materiales	Mano de Obra	Equipos y Herramientas	Transporte		
Fotovoltaico									
55,01	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE PANELES SOLARES 100Wp	UND	36	3.361.372	378.655	115.835	92.754	3.948.615	142.150.140
55,03	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE BANCO DE BATERIAS 100AH 12V	UND	36	7.346.040	203.891	115.835	106.522	7.772.288	279.802.368
55,05	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REGULADOR SISTEMA SOLAR 15A 12V	UND	36	2.108.106	203.891	115.835	90.275	2.518.107	90.651.852
55,07	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE INVERSOR DC/AC 60 HZ 150W	UND	36	1.822.947	203.891	115.835	90.826	2.233.499	80.405.955
55,09	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SOPORTE PARA PANEL SOLAR	UND	36	941.686	728.182	115.835	90.413	1.876.116	67.540.161
55,11	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA EQUIPOS ELECTRICOS Y BANCO DE BATERIAS	UND	36	244.785	580.819	139.484	91.377	1.056.464	38.032.717
55,13	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA SISTEMA FOTOVOLTAICO VIVIENDA	UND	36	114.579	233.018	115.835	91.404	554.836	19.974.087
55,15	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO VIVIENDA	UND	36	161.523	436.909	115.835	90.726	804.992	28.979.727
Subtotal Fotovoltaico									747.537.006
Costos Directos									747.537.006
							Administración:	4%	29.901.480
							Imprevistos:	8%	59.802.960
							Utilidad:	7%	52.327.590
								0%	0
Costos Indirectos									57.657.917
							Interventoría técnica:	6%	19.184.361
							Certificación RETIE:	1%	7.475.370
							Interventoría administrativa y financiera:	4%	29.901.480
							Aporte FAZNI		861.756.135
							Aporte Cofinanciación		0
Costo Total									861.756.135

Fuente: Autores

A continuación se muestra el APU realizado para el presupuesto del sistema fotovoltaico.

Tabla 15 APU Suministro, transporte instalación sistemas de paneles solares 230 Wp

DEPARTAMENTO DE :LA GUAJIRA				MUNICIPIO DE: MANAURE			
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUA IN							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ÍTEM: 55,01	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE PANELES SOLARES 230Wp					APU 55,01	CÓDIGO
						UNIDAD	UND
MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	PESO- Kg	V/U	P/TOTAL - Kg	V/TOTAL
55,01.1.1	MODULO FOTOVOLTAICO 230 [w]	u	4	5	840343	20	\$3.361.372
						0,020	
SUBTOTAL MATERIALES							\$3.361.372
TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Km	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,01.2.1	TRANSPORTE DE MATERIAL	TN	0,020	611	\$ 160	\$ 97.708	\$ 1.954
55,01.2.2	CAMIONETA DOBLE CABINA	U	0,5	0,0	\$ 180.000	\$	\$ 90.000
55,01.2.3	TRANSPORTE DE MATERIALES A SITIO DE OBRA	TN	0,020	50	\$ 800	\$ 39.979	\$ 800
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$92.754
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,01.3.1	HERRAMIENTA MENOR	GL	1	2,00	\$ 9.917	\$ 19.835	\$ 19.835
55,01.3.2	EQUIPO MONTAJES FOTOVOLTAICOS	GL	1	2,00	\$ 48.000	\$ 96.000	\$ 96.000
SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							\$115.835
MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U- Dia	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,01.4.1	JEFE DE TRABAJO	U	1	0,78	\$ 229.091	\$ 178.691	\$ 178.691
55,01.4.2	TECNICO ELECTRICISTA	U	1	0,78	\$ 163.636	\$ 127.636	\$ 127.636
55,01.4.3	AYUDANTE	U	1	0,78	\$ 92.727	\$ 72.327	\$ 72.327
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$378.655
VALOR UNITARIO - COSTO DIRECTO							\$3.948.615

Fuente: Convenio UIS-IPSE

Tabla 16 APU Suministro, transporte instalación Banco baterías 250 Ah

DEPARTAMENTO DE :LA GUAJIRA				MUNICIPIO DE: MANAURE			
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ÍTEM: 55,03	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE BANCO DE BATERIAS 250AH 12V					APU 55,03	CÓDIGO
						UNIDAD	UND
MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	PESO- Kg	V/U	P/TOTAL - Kg	V/TOTAL
55,03.1.1	Bateria monoblock U- POWER 250 ah 12V	u	12	10,000	612170	120,000	\$ 7.346.040
						0,120	
SUBTOTAL MATERIALES							\$ 7.346.040
TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Km	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,03.2.1	TRANSPORTE DE MATERIAL	TN	0,120	611,00	\$ 160	\$ 97.708	\$ 11.725
55,03.2.2	CAMIONETA DOBLE CABINA	U	0,5	0,00	\$ 180.000		\$ 90.000
55,03.2.3	TRANSPORTE DE MATERIALES A SITIO DE OBRA	TN	0,120	50,00	\$ 800	\$ 39.979	\$ 4.797
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$ 106.522
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,03.3.1	HERRAMIENTA MENOR	GL	1	2,00	\$ 9.917	\$ 19.835	\$ 19.835
55,03.3.2	EQUIPO MONTAJES FOTOVOLTAICOS	GL	1	2,00	\$ 48.000	\$ 96.000	\$ 96.000
SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							\$ 115.835
MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U- Dia	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,03.4.1	JEFE DE TRABAJO	U	1	0,42	\$ 229.091	\$ 96.218	\$ 96.218
55,03.4.2	TECNICO ELECTRICISTA	U	1	0,42	\$ 163.636	\$ 68.727	\$ 68.727
55,03.4.3	AYUDANTE	U	1	0,42	\$ 92.727	\$ 38.945	\$ 38.945
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 203.891
VALOR UNITARIO - COSTO DIRECTO							\$ 7.772.288

Fuente: Convenio UIS-IPSE

Tabla 17 APU Suministro, transporte instalación regulador sistema solar 96 A

DEPARTAMENTO DE :LA GUAJIRA				MUNICIPIO DE: MANAURE			
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUA IN							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ÍTEM: 55,05	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REGULADOR SISTEMA SOLAR 96A 24V			APU 55,05	CÓDIGO		
				UNIDAD	UND		
MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	PESO- Kg	V/U	P/TOTAL - Kg	V/TOTAL
55,05.1.1	Regulador de carga Midnite solar classic lite 150 96 A	u	2	1,000	1054053	2,000	\$ 2.108.106
						0,002	
SUBTOTAL MATERIALES						\$	2.108.106
TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Km	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,05.2.1	TRANSPORTE DE MATERIAL	TN	0,002	611,00	\$ 160	\$ 97.708	\$ 195
55,05.2.2	CAMIONETA DOBLE CABINA	U	0,5	0,00	\$ 180.000		\$ 90.000
55,05.2.3	TRANSPORTE DE MATERIALES A SITIO DE OBRA	TN	0,002	50,00	\$ 800	\$ 39.979	\$ 80
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$	90.275
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,05.3.1	HERRAMIENTA MENOR	GL	1	2,00	\$ 9.917	\$ 19.835	\$ 19.835
55,05.3.2	EQUIPO MONTAJES FOTOVOLTAICOS	GL	1	2,00	\$ 48.000	\$ 96.000	\$ 96.000
SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						\$	115.835
MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Dias	V/U- Dia	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,05.4.1	JEFE DE TRABAJO	U	1	0,42	\$ 229.091	\$ 96.218	\$ 96.218
55,05.4.2	TECNICO ELECTRICISTA	U	1	0,42	\$ 163.636	\$ 68.727	\$ 68.727
55,05.4.3	AYUDANTE	U	1	0,42	\$ 92.727	\$ 38.945	\$ 38.945
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$	203.891
VALOR UNITARIO - COSTO DIRECTO						\$	2.518.107

Fuente: Convenio UIS-IPSE

Tabla 18 APU Suministro, transporte instalación de inversor DC/AC 600W

DEPARTAMENTO DE :LA GUAJIRA				MUNICIPIO DE: MANAURE			
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRA CHON, USHURU Y MAPUAIN							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ÍTEM: 55.07	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE INVERSOR DC/AC 60 HZ 600W					APU 55,07	CÓDIGO
						UNIDAD	UND
MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	PESO- Kg	V/U	P/TOTAL - Kg	V/TOTAL
55,07.1.1	INVERSOR DC/AC 60 HZ 600W	u	3	6,000	607649	6,000	\$ 1.822.947
						0,006	
				SUBTOTAL DE MATERIALES			\$ 1.822.947
TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Km	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,07.2.1	TRANSPORTE DE MATERIAL	TN	0,006	611,00	\$ 160	\$ 97.708	\$ 586
55,07.2.2	CAMIONETA DOBLE CABINA	U	0,5	0,00	\$ 180.000		\$ 90.000
55,07.2.3	TRANSPORTE DE MATERIALES A SITIO DE OBRA	TN	0,006	50,00	\$ 800	\$ 39.979	\$ 240
				SUBTOTAL TRANSPORTE			\$ 90.826
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Días	V/U	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,07.3.1	HERRAMIENTA MENOR	GL	1	2,00	\$ 9.917	\$ 19.835	\$ 19.835
55,07.3.2	EQUIPO MONTAJES FOTOVOLTAICOS	GL	1	2,00	\$ 48.000	\$ 96.000	\$ 96.000
				SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			\$ 115.835
MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Días	V/U- Dia	V/ÍTEM	V/TOTAL
55,07.4.1	JEFE DE TRABAJO	U	1	0,42	\$ 229.091	\$ 96.218	\$ 96.218
55,07.4.2	TECNICO ELECTRICISTA	U	1	0,42	\$ 163.636	\$ 68.727	\$ 68.727
55,07.4.3	AYUDANTE	U	1	0,42	\$ 92.727	\$ 38.945	\$ 38.945
				SUBTOTAL MANO DE OBRA			\$ 203.891
VALOR UNITARIO - COSTO DIRECTO						\$	2.233.499

Fuente: Convenio UIS-IPSE

4.6.1.2 Valor del kWh con tecnología fotovoltaica

De la tabla 4.3 se tiene que la inversión total del proyecto para los 36 usuarios del municipio de Manaure será de \$ 861.756.135. Por tanto la inversión por usuario será de \$ 23.937.670.

Para hallar el valor del kWh empleando esta tecnología se realizó una consultoría que se hizo a las comunidades vecinas que poseen el servicio de electricidad. En promedio se tiene un consumo de 107 kWh/mes. Cabe aclarar que la electrificadora no posee estudios de carga para estas comunidades debido al costo que representa realizarlos.

$$\text{Valor en pesos del kWh solar fotovoltaica} = \frac{\text{costo de generación}}{\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * \text{tiempo proyectado}}$$

Ingresando los datos proporcionados anteriormente se tiene que:

$$\text{Valor en pesos del kWh solar fotovoltaica} = \frac{23.937.670.}{107 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} * 20 \text{ años}}$$

$$\text{Valor en pesos del kWh solar fotovoltaica} = 932,2$$

4.6.2 Solución convencional, redes de distribución.

En los anexos A, B, E, F, G, H J y K se encuentran los presupuestos, matrices de cálculo y las memorias de cálculo de la alternativa de extensión de la red de distribución. En esta sección se muestra el costo total que implica realizar la construcción de un sistema de distribución a partir de una red existente, para todas las comunidades beneficiadas con el proyecto. También se muestran los costos para cada grupo de población.

4.6.2.1 Presupuesto sistema de distribución convencional

En la figura 23 se muestran los costos totales de instalar un sistema de distribución. Para mayor detalle se pueden observar los presupuestos en los anexos J y k.

Tabla 23 Costos sistema distribución

COSTO DE EXTENSION DE REDES DE DISTRIBUCION	
UBICACIÓN DE PROYECTO	COSTO TOTAL DEL PROYECTO
COMUNIDAD USHURU-MALIRRACHON	\$ 901.735.972,10
COMUNIDAD MAPUAIN	\$ 1.091.424.443,69
COSTO TOTAL	\$ 1.993.160.415,80
COSTO DE EXTENSION DE REDES DE DISTRIBUCION	
COMUNIDAD USHURU-MALIRRACHON	
Red de Media Tensión	\$ 519.288.795,00
Red de Baja Tension	\$ 93.160.875,00
Centro de transformación	\$ 6.074.000,00
Gestión ante operador de red	\$ 15.200.000,00
Costos Indirectos	\$ 168.570.496,22
Interventoría	\$ 99.441.805,88
TOTAL	\$ 901.735.972,10
COMUNIDAD MAPUAIN	
Red de Media Tensión	\$ 638.730.384,00
Red de Baja Tension	\$ 105.723.012,00
Centro de transformación	\$ 7.379.888,00
Gestión ante operador de red	\$ 15.200.000,00
Costos Indirectos	\$ 204.030.853,54
Interventoría	\$ 120.360.306,15
TOTAL	\$ 1.091.424.443,69

Fuente: Autores

4.6.2.2 Valor del kWh con tecnología fotovoltaica

Actualmente se tiene que el valor reglamentado del kWh en el departamento de La Guajira para redes de distribución es de \$332,83.

4.7 Preparación de estudios

En esta etapa se analizan los estudios necesarios para comparar las alternativas de solución. Luego se toma la decisión sobre cuál de ellas es la más adecuada para alcanzar el objetivo propuesto. Se determina la magnitud de la inversión del proyecto, los costos y beneficios del mismo. Se desarrollan estudios específicos en materia: legal, de mercado, técnica, riesgos, ambiental y financiera.

A través de la preparación se busca minimizar los riesgos de inversión, orientar la ejecución y optimizar la utilización de recursos, mediante el análisis de los elementos que la componen.

4.7.1 Estudio Legal

Se debe considerar los aspectos legales que lo regulan, teniendo en cuenta la normativa, leyes, decretos, acuerdos y ordenanzas departamentales y territoriales. También se tienen en cuenta las tasas representativas tributarias y retributivas, y aspectos laborales como los salarios, las licencias ambientales y de construcción. Para el proyecto se tiene:

- El proyecto se plantea según los estatutos del Plan de Desarrollo Municipal "Gobierno Visionario y Emprendedor"
- Para la presentación del proyecto se requiere que se encuentre inscrito en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.

Leyes, Decretos, Ordenanzas, Acuerdos, Resoluciones, que soportan el proyecto:

- Resolución No. 001937 de 1979 de Marzo 30 de 1994 del Ministerio de Obras Públicas y Transporte
- Artículo 311 de la Constitución Política de Colombia

- Ley 136 de 1994, Solución de las Necesidades Básicas Insatisfechas Artículo 9 del Decreto 120 de 2005
- Resolución 2820 de 2010

Se deben acometer los trabajos de acuerdo a la normatividad de la empresa prestadora del servicio de energía, en este caso ELECTRICARIBE S.A E.S.P.:

- Licencias (exploración, construcción, demolición, etc.) necesarias para el desarrollo del proyecto. Esto revisando el Plan de Manejo Ambiental que se formule.
- Normas y especificaciones generales de construcción.
- Normas de construcción de redes aéreas de ELECTRICARIBE S.A E.S.P
Normas de distribución y líneas de Media Tensión del ICEL.

4.7.2 Estudio de mercado

El estudio de mercado considera los siguientes aspectos:

- Estimar la demanda del bien o servicio de la población beneficiada, como lo es el consumo y costo unitario de energía eléctrica por cada tipo de usuario, para valorar la demanda eléctrica proyectada, asumiendo una tendencia creciente del consumo de energía.
- Análisis de la oferta. En los casos en donde haya suministro de energía eléctrica se analizan las posibilidades de optimizar los recursos, utilizando la infraestructura existente, para ofrecer el servicio al usuario en las condiciones más adecuadas.

4.7.3 Estudio técnico

En el estudio técnico se analizan los criterios que definen las especificaciones técnicas de la alternativa de solución seleccionada, este estudio se encuentra en el anexo C el cual se muestra el paso a paso de cómo se calcula cada uno de los elementos para el montaje del sistema fotovoltaico.

4.7.4 Estudio ambiental

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales se utilizará la metodología desarrollada por Arboleda (1994), que busca identificar y evaluar los impactos generados por la construcción y realización de obras de diferente magnitud, sobre las condiciones medioambientales que pueden resultar afectadas.

Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales

- ✓ Programa de información y participación comunitaria.
- ✓ Programa de gestión de residuos sólidos.
- ✓ Programa de uso y almacenamiento adecuado de materiales.
- ✓ Programa de educación ambiental.
- ✓ Programa de monitoreo y seguimiento.

4.7.5 Estudio de riesgos

Se debe tener en cuenta la ubicación de la zona de trabajo, la cual se encuentra en las zonas alejadas de la cabecera del municipio de Manaure, siendo esta zona de alta complejidad geológica, lo cual genera situaciones de amenazas de tipo naturales de tipo geomorfológico, fluvial, meteorológico. Debido a que es una comunidad indígena se debe tener presente y realizar con anterioridad una concertación para poder trabajar con la comunidad.

La instalación del sistema solar fotovoltaico, conlleva asociados unos riesgos de tipo eléctrico, que pueden afectar la integridad de la población si no se gestionan de manera adecuada.

Los factores de riesgo que pueden existir en una instalación fotovoltaica son:ⁱ

- **Tipo de corriente**, los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano pueden ser fatales, dependiendo de la duración e intensidad de esta. Se deben instalar protecciones para disminuir la probabilidad de que ocurra este riesgo.
- **Existencia de acumuladores electroquímicos**, Las instalaciones fotovoltaicas que dispongan de acumuladores electroquímicos (baterías) presentan los siguientes riesgos:
 - ✓ **Presencia de ácido**, El ácido de las baterías, fuertemente corrosivo, puede afectar muy peligrosamente a las personas, animales o cosas durante la manipulación de éste o de las baterías.
 - ✓ **Presencia de gases inflamables**, Durante el proceso de carga de una batería se desprende hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno es un gas muy inflamable, siendo su velocidad de combustión la más alta de todos los gases, y su energía de ignición muy baja. Estas propiedades hacen que una pequeña chispa, la fricción o la electricidad estática produzcan la ignición inmediata de este gas. Una mezcla de 2 volúmenes de hidrógeno y 1 de oxígeno ó 5 de aire atmosférico, encendida por una chispa, da lugar a la combinación con formación de agua acompañada de una fuerte detonación.
- **Riesgos de cortocircuito**, La intensidad de cortocircuito de un grupo de paneles no es peligrosa para los equipos y conductores porque es muy similar a la intensidad nominal de funcionamiento de la instalación cuando la irradiancia alcanza 1.000 W/m². Por este motivo, un cortocircuito en el campo solar no es peligroso para los equipos a los que está normalmente conectado.

ⁱ Consultado en http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45327/componente45325.pdf.
Fecha de consulta: 26 de febrero de 2014

Cuando en la instalación fotovoltaica existen baterías, sí que pueden producirse cortocircuitos o sobre intensidades que pueden ocasionar riesgos para los equipos y/o para las personas, siendo obligatoria su protección.

- **Sobretensiones**, suelen ser debidas a la incidencia de un rayo. Una instalación de protección contra el rayo no tiene como objetivo impedir que la descarga atmosférica alcance la instalación fotovoltaica. Sin embargo, cuando la instalación fotovoltaica a proteger es alcanzada indirectamente por el rayo, debe evitarse la aparición de una diferencia de potencial peligrosa para las personas o capaz de realizar, por la aparición de arcos, daños importantes o un incendio.
- **Defectos de aislamiento**, El emplazamiento de este tipo de instalaciones es generalmente en lugares aislados fácilmente accesibles a cualquier animal. La acción de algunos animales, como roedores, puede provocar un defecto de aislamiento en la instalación pudiendo derivarse la corriente a través de las personas con el consiguiente riesgo para su seguridad.

Los defectos de aislamiento también se pueden producir por otras causas, entre las más frecuentes está el

- **Puntos calientes**, La posibilidad de que un panel fotovoltaico esté deteriorado o expuesto, sólo parcialmente, a la radiación solar, puede hacer que aparezcan incrementos de temperatura en zonas de un panel que lleguen a provocar un incendio en las inmediaciones. Este efecto adquiere más importancia a medida que la instalación fotovoltaica aumenta de tamaño donde los incrementos de temperatura son mayores.

Luego de identificar los factores de riesgo se procede a elaborar la matriz de riesgo de este proyecto.

La Probabilidad de Amenaza y Magnitud de Daño pueden tomar los valores y condiciones respectivamente,

1 = Insignificante (incluido Ninguna)

2 = Baja

3 = Mediana

4 = Alta

El Riesgo, que es el producto de la multiplicación Probabilidad de Amenaza por Magnitud de Daño, está agrupado en tres rangos, y para su mejor visualización, se aplica diferentes colores.

- **Bajo Riesgo** = 1 – 6 (verde)
- **Medio Riesgo** = 8 – 9 (amarillo)
- **Alto Riesgo** = 12 – 16 (rojo)

En la figura 14 se muestra la matriz que se armó, a partir de lo expuesto anteriormente.

Figura 14 Matriz de Riesgos

		PROBABILIDAD DE AMENAZA			
		INSIGNIFICANTE	BAJA	MEDIANA	ALTA
MAGNITUD DE DAÑO		1	2	3	4
INSIGNIFICANTE	1	1	2	3	4
BAJA	2	2	4	6	8
MEDIANA	3	3	6	9	12
ALTA	4	4	8	12	16

Fuente: Autores

En la tabla 24 se muestran los riesgos identificados para este proyecto, y luego del análisis de probabilidades y magnitudes se observa que el riesgo de la instalación es bajo. Esto debido a que los sistemas fotovoltaicos son seguros y una correcta instalación permite tener un riesgo casi nulo.

Tabla 24 Riesgos asociados

RIESGOS	PROBABILIDAD DE AMENAZA	MAGNITUD DE DAÑO	RIESGO
PRESENCIA DE CORRIENTE	1	4	4
PRESENCIA DE ACIDO	1	3	3
PRESENCIA DE GASES INFLAMABLES	1	3	3
RIESGO DE CORTOCIRCUITO	2	3	6
SOBRETENSIONES POR RAYO	2	3	6
DEFECTOS DE AISLAMIENTO	2	3	6
PUNTOS CALIENTES	2	3	6
RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN	1	4	4

Fuente: Autores

4.7.6 Estudio financiero

En las tablas presentadas en esta sección se plasman los costos totales de la estructuración de las dos alternativas estudiadas. Estos se encuentran detallados en los anexos J y K. También se relaciona el costo del kWh de cada una de las alternativas para una estimación de 20 años.

En la tabla 25 se muestra el costo de la energización mediante sistema de distribución convencional.

Tabla 25 Costo de extensión de redes de distribución

COSTO DE EXTENSION DE REDES DE DISTRIBUCION	
UBICACIÓN DE PROYECTO	COSTO TOTAL DEL PROYECTO
COMUNIDAD USHURU-MALIRRACHON	\$ 901.735.972,10
COMUNIDAD MAPUAIN	\$ 1.091.424.443,69
COSTO TOTAL	\$ 1.993.160.415,80

Fuente: Autores

En la tabla 26 se muestra el costo de la energización mediante sistemas individuales fotovoltaicos.

Tabla 26 Costo sistema fotovoltaico

COSTO SISTEMA FOTOVOLTAICO	
UBICACIÓN DE PROYECTO	COSTO TOTAL DEL PROYECTO
COMUNIDAD USHURU-MALIRRACHON-MAPUAIN	\$ 861.756.135
<u>COSTO TOTAL DEL SISTEMA PARA LA COMUNIDAD</u>	\$ 861.756.135

Fuente: Autores

El precio del kWh de cada una de las alternativas para una proyección de 20 años se muestra en la tabla 27.

Tabla 27 Costo kWh de cada alternativa

kWh Sistema solar fotovoltaico		kWh Redes de distribución	
\$	932,2	\$	332,83

Fuente: Autores

El sistema de redes de distribución tiene un costo de inversión de \$1.993.160.415,80 mientras que la instalación del sistema fotovoltaico tiene un valor de \$ 861.756.135,00.

Debido al alto costo que representa la construcción de un sistema de distribución para las comunidades de este proyecto, se considera inviable esta alternativa.

4.8 Requisitos para la presentación de Proyectos al Fondo De Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No interconectadas –FAZNI-

Una vez el proyecto se encuentre debidamente formulado, ya se puede proceder a solicitar los recursos para su financiación al Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI). Este fondo destina recursos para la energización en las zonas no interconectadas y que no están en el sistema interconectado nacional. Este proyecto cumple tales condiciones, por lo que se deberá iniciar el trámite de la financiación del mismo, efectuando el proceso de radicación respectivo.

En el desarrollo de las actividades realizadas durante la estructuración de este proyecto, se cumplieron los requisitos exigidos por FAZNI. Sin embargo los documentos correspondientes no son mostrados debido al carácter confidencial de los mismos. Esto como parte de un acuerdo realizado por el convenio UIS-IPSE. Se presentan a continuación las descripciones de los documentos que fueron entregado al IPSE por parte de la UIS, los cuales fueron los mismos exigidos por el FAZNI:

❖ Carta de presentación del proyecto

En esta carta se realiza la presentación y solicitud de los recursos para el proyecto. Debe ir firmada por el representante legal de la entidad que lo presenta, en este

caso la alcaldesa municipal, y va dirigida a la dirección de energía del Ministerio de Minas y Energía. Debe contener el tipo de estructuración que se presentara, el nombre del proyecto, número de beneficiarios, valor solicitado al FAZNI y el costo total del proyecto.

❖ **Certificación de que el proyecto está incluido en el plan de desarrollo**

Todos los proyectos deberán incluir una certificación sobre su inclusión en el Plan de Desarrollo Territorial. También se debe certificar que el proyecto está acorde con el Plan de Ordenamiento Territorial. En el certificado se estipuló que este proyecto se encuentra incluido en el plan de desarrollo municipal periodo, 2012-2015, *“GOBIERNO VISIONARIO Y EMPRENDEDOR”*. Se encuentra también en el programa de *“Energía social e integración energética”* cuya meta es *“Aumentar el número de conexiones domiciliarias del servicio de energía”*.

❖ **Certificación de no prestación a otros fondos**

Este certificado hace constar que el proyecto *“CONSTRUCCION DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDIGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN”* del municipio de Manaure, departamento de La Guajira no ha sido presentado a consideración de ningún otro fondo de apoyo financiero y no se le han asignado recursos financieros para su ejecución.

❖ **Constancia de sostenibilidad**

Este documento hace constar que el proyecto *“CONSTRUCCION DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDIGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN”* del municipio de Manaure, departamento de La Guajira, corresponde a infraestructura energética. También que ha sido considerada dentro del marco regulatorio, para que durante su operación sea sostenible conforme al esquema tarifario y de subsidios a la prestación del servicio de energía eléctrica.

❖ **Aval IPSE**

Este aval certifica que el proyecto *“CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE MALIRRACHON, USHURU Y MAPUAIN”*, del municipio de MANAURE, departamento de LA GUAJIRA, se encuentra incluido dentro de los proyectos identificados y valorados

por el IPSE, y responde a las políticas y prioridades del Gobierno Nacional para las Zonas No interconectadas, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 66 de la ley 1151 de 2007 y las normas que la modifiquen sustituyan o complementen.

❖ **Concepto y aval ambiental**

En este documento se hace una solicitud de concepto y aval ambiental. En este caso se menciona que el proyecto no tiene mayor impacto ambiental considerando la población beneficiada y que por lo tanto no se requiere el trámite de licencia ambiental, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 del decreto 2020 de 2010 expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por lo tanto sólo se pide el concepto técnico para la ejecución del proyecto.

❖ **Formulación del proyecto según la metodología del DNP**

Todo proyecto debe incluir su descripción en los formatos y fichas EBI, siguiendo la Metodología General Ajustada (MGA) para la identificación, preparación y evaluación de proyectos, además guías sectoriales vigentes, establecidos por el DNP.

❖ **Mapas de localización del proyecto**

El proyecto debe incluir mapas a escala que lo ubiquen geográficamente en el espacio nacional, departamental, municipal y local, según sea apropiado al tipo de proyecto. Los mapas de localización del proyecto deben basarse en mapas elaborados profesionalmente.

❖ **Planos del proyecto**

Los planos del proyecto deben estar elaborados según las normas técnicas vigentes y contar con un aval técnico/profesional.

❖ **Diseño y memorias de cálculo**

Se debe presentar el diseño técnico del proyecto, con las memorias de cálculo que lo respaldan, firmados por el ingeniero de la especialidad, con su correspondiente matrícula profesional. En el presente proyecto el ingeniero encargado realizó la hoja de cálculo para el diseño del sistema fotovoltaico y dejó constancia de firma y fotocopia de la matrícula profesional en los anexos de la entrega.

❖ **Cronograma de actividades**

Debe presentarse, como parte del proyecto, un cronograma detallado en el que indique el momento de ejecución y la duración de las diversas actividades principales del proyecto.

❖ **Presupuesto de obra detallado y análisis de precios unitarios**

El proyecto debe incluir un presupuesto (listado de cantidades de obra) detallado. Todo proyecto debe incluir un análisis de precios unitarios. En este presupuesto se dejó planteado el valor total de la estructuración con sus respectivos cálculos.

❖ **Listado de beneficiarios**

Para todos los proyectos se debe presentar un listado de los usuarios beneficiados, debidamente certificado por la autoridad competente. En la reunión de concertación con la comunidad, donde se explicó lo que se realizaría en el proyecto, se recolectaron firmas de todos los beneficiarios para tener constancia de su participación y su visto bueno al desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Se pudo establecer que en las regiones apartadas de La Guajira se han desarrollado diversos proyectos energéticos que aprovechan las fuentes no convencionales de energía principalmente sistemas fotovoltaicos y eólicos. Estos proyectos han permitido que se siga trabajando en estas fuentes ya que la experiencia de los sistemas implementados se utiliza para optimizar los costos y el uso de estas.
- Se analizaron dos alternativas de solución energética, extensión de red de distribución e instalación de sistema fotovoltaico, para las comunidades indígenas Ushuru, Malirrachon y Mapuain, siendo favorable la instalación del sistema fotovoltaico. La extensión de la red de distribución resultó inviable económicamente debido a su alto costo, producto de la gran distancia existente entre el punto de conexión a la red de distribución y las comunidades.
- Los estudios técnicos se llevaron a cabo empleando la guía elaborada para dicho proceso proporcionada por el operador de red local, atendiendo los criterios de éste y cumpliendo los requisitos del plan de desarrollo municipal.
- Se realizó la adaptación de la Metodología General Ajustada corroborando su validez para el desarrollo de proyectos de infraestructura eléctrica, ya que en éste se incluyen las características más relevantes del proyecto.
- La solución para la electrificación de zonas aisladas suele ser la extensión de red, sin embargo, como en el caso del proyecto estructurado, dependiendo de las condiciones topológicas y geográficas la alternativa de solución puede ser la instalación de un sistema solar fotovoltaico. Este es muy favorable en el departamento de La Guajira debido sus condiciones climatológicas.
- Al estructurar un proyecto de infraestructura eléctrica se deben analizar las condiciones socio-económicas, ambientales, políticas y geográficas de la zona para así considerar las alternativas de solución a estudiar. En el caso particular del departamento de La Guajira, se tienen fuentes de energía aprovechable como son la eólica y solar, sin embargo, la explotación de éstas sigue siendo escasa por lo que es importante fomentar la promoción del uso de alternativas limpias e informar a los entes territoriales sobre la gestión para acceder a la financiación de este tipo de proyectos.

- La respuesta de la comunidad es entusiasta y unánime ante la posibilidad de recibir energía eléctrica: tienen todo el deseo y la disposición para ser proveídos de energía eléctrica y de asumir el costo de su mantenimiento.
- En el presente trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial, los autores, en su calidad de estudiantes de Ingeniería Eléctrica, diagnosticaron los problemas y necesidades del sector productivo de la región. Lograron plantear soluciones utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad Industrial de Santander, a partir de asignaturas como instalaciones eléctricas, sistemas de distribución, energía y medio ambiente y máquinas eléctricas. Así se logró un acercamiento, mediante el desarrollo de este tipo de proyectos, al sector de aplicación de la profesión, pudiendo fortalecer las competencias personales y profesionales a través de dicha experiencia.

RECOMENDACIONES

- Proyectos de esta naturaleza son muy importantes, ya que permiten establecer los parámetros necesarios para que los proyectos energéticos puedan ser presentados ante las fuentes de financiación para así obtener el servicio de energía eléctrica. Tales fuentes pueden ser los fondos FAER, FAZNI y NSGR. Por lo que seguir con este tipo de proyectos ayuda al mejoramiento de los criterios de calidad y la cobertura para las zonas no interconectadas.
- Se señala la importancia de divulgar y capacitar sobre las etapas requeridas para presentar este tipo de proyectos a los fondos de financiación, también sobre la importancia de conocer la Metodología General Ajustada (MGA), la cual sirve para la identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión.
- Se recomienda al gobierno nacional, instituciones y demás entes relacionados al sector eléctrico, realizar una socialización con los entes territoriales y las comunidades que habitan dichas zonas aisladas, y así estén informados de estos proyectos de electrificación y se garantice una mejor evolución en las etapas del proyecto.
- Las poblaciones a las que va dirigido este proyecto son de escasos recursos y el acceso a la energía eléctrica va a permitir su desarrollo, de ahí la

importancia de que se cumplan las etapas y requisitos para acceder a los recursos del fondo correspondiente.

- Este tipo de proyectos estimulan al estudiante a ser consciente sobre la realidad de las poblaciones de escasos recursos sin acceso a la electricidad, por lo que se recomienda seguir trabajando en proyectos de esta naturaleza y así aportar al desarrollo profesional de los futuros Ingenieros, brindándoles un nuevo campo de desempeño y la posibilidad de participar en un trabajo interdisciplinario.

REFERENCIAS

- [1] Guía para la formulación de proyectos ante los fondos FAER, FAZNI, FNR UPME. Unidad de planeación minero energética.
- [2] El papel del proyecto en el ciclo de las inversiones públicas. Departamento Nacional de Planeación (DNP)
- [3] Manual de Soporte Conceptual para el uso de la Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos. Departamento Nacional de Planeación (DNP)
- [4] Guía de diligenciamiento de la Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos. Departamento Nacional de Planeación (DNP)
- [5] Ministerio de Minas y Energía. Consultado en página web. <http://www.minminas.gov.co>
- [6] Miguel Ángel Sánchez. Energía solar fotovoltaica. Limusa 2012
- [7] Enríquez Harper. Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas. Limusa 2010
- [8] Esquema principio fotovoltaico. Consultado en página web. www.cnitsolar.com
- [9] Energía Eólica. Energía del futuro. Consultado en página web. <http://concienciasostenible.blogspot.com/2009/07/energia-eolica-la-energia-del-futuro.html>
- [10] Energía Eólica. Que es y de donde viene. Consultado en página web. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujodegases/energiaeolica/energiaeolica.html>
- [11] Enríquez Harper, Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica, México, 2009.
- [12] Utilización de las energías renovables en el sector rural colombiano. Julián Cesar Velásquez R. Consultado en página web. http://perusolar.org/17-spes-taller-1/Velasquez_Julian/Utilizacion_de_las_energias_renovables_en_el_sector_rural_coo.pdf
- [13] Academia colombiana de ciencias exactas. Anexo tecnologías Consultado en página web. [http://www.accefyn.org.co/Web_GEI\(actualizada\)/Archivos_gei/P_Cap12_Anexo3.pdf](http://www.accefyn.org.co/Web_GEI(actualizada)/Archivos_gei/P_Cap12_Anexo3.pdf)
- [14] Energía renovables en las ZNI. Subdirección de planeación energética Consultado en página web. [http://www.accefyn.org.co/Web_GEI\(actualizada\)/Archivos_gei/P_Cap12_Anexo3.pdf](http://www.accefyn.org.co/Web_GEI(actualizada)/Archivos_gei/P_Cap12_Anexo3.pdf)

- [15] Formulación de Proyectos UIS-IPSE, Aprobado 14-nov-2012, Archivo MS-Excel
- [16] Departamento Nacional de Planeación. Manual Conceptual Metodología General para la Formulación de Proyectos. 2012. Disponible en: <https://sgr.dnp.gov.co/Proyectos/MGA.aspx>
- [17] Proyecto específico Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [18] Memoria Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [19] Generalidades Proyectos de Líneas Aéreas de Media Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 2. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [20] Generalidades Proyectos de Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [21] Memoria Proyectos de Líneas Aéreas de Media Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 2. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [22] Proyecto específico Centros de Transformación. Norma Electricaribe (ECA). Transformadores de Potencia. Unión Fenosa. Versión 4. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [23] Planos Líneas Aéreas de Media Tensión. Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [24] Memoria Proyectos de Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [25] Planos de Líneas Aéreas de Alta Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 1. [En línea]. Consultado en enero 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com
- [26] consumo de tus electrodomésticos. Electricaribe. Web <http://www.electrificaribe.com/co/inicio/hogar/consejos/consejos+de+ahorro+de+energia/1297110312235/consumo+de+tus+electrodomesticos.html>
- [27] Miguel Ángel Sánchez. Energía solar fotovoltaica. Limusa 2012
- [28] Enriquez Harper. Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas. Limusa 2010

- [29] NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. Consultado en página web. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [30] Consumo de tus electrodomésticos. Electricaribe. Web <http://www.electricaribe.com/co/inicio/hogar/consejos/consejos+de+ahorro+de+energia/1297110312235/consumo+de+tus+electrodomesticos.html>
- [31] LDK, Catalogo panel solar. Consultado en página web. http://www.ldksolar.com/uploadfiles/down/LDK_230P_235P_20_Ontario_DCC_EN_V1_12_120229.pdf [6] Visión. Baterías. Modelo 6FM200-X. 2014
- [32] Batería solar monoblock U- POWER 250 ah 12V. Consultado en página web. http://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/bat000
- [33] Energía solar. Consultado en página web. http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/energia_solar.swf
- [34] Catalogo Regulador. Consultado en página web. <http://www.altestore.com/store/Charge-Controllers/Solar-Charge-Controllers/MPPT-Solar-Charge-Controllers/Midnite-Solar-Charge-Controllers/Midnite-Solar-Classic-Lite-150-MPPT-Charge-Controller-150V-96A/p10204/>
- [35] Catalogo Inversor. Consultado en página web. <http://www.altestore.com/store/Inverters/Off-Grid-Inverters/300-to-999-Watts/Samlex-SA-600W-24V-Heavy-Duty-Inverter/p9792/>
- [36] Soportes para paneles. Consultado en página web. <http://tutiendadeenergiasolar.com/tienda/268-estructura-inclinada-para-2-modulos-de-hasta-105m.html>
- [37] Inclinación panel. Consultado en página web. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar08/HTML/articulo03.htm>
- [38] Fundación Alisos. Palabra Guajira. Mayo 2012. Centro Cultural Departamento de La Guajira, Riohacha. 234p.
- [39] Inclinación panel. Consultado en página web. <http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/Energia/Foro%20Energetico/Presentacion%20EPM.pdf>

ANEXOS

En esta parte del libro se encuentran los documentos soporte, que muestran las memorias que se usaron en el análisis general para la selección de las alternativas energéticas; se presentan documentos de memorias de cálculos y presupuestos.

Los anexos que no se encuentran en el presente documento, podrán ser consultados en el CD entregado por los autores a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E³T.

Anexo A. Cálculo de la demanda y consumo mensual

A.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA POR USUARIO

Para el cálculo de la demanda máxima de cada vivienda en las comunidades de Ushuru, Malirrachon y Mapuain, las cuales están formadas por 36 familias, número que representa la misma cantidad de usuarios, se tiene que:

Demanda máxima diversificada por usuario (Nivel I: 1 kVA) [1]:

$$D_{max-diversificada} = D_{AP} + f_s * D_{max-usuario}$$

Siendo: D_{AP} , demanda total por alumbrado público

f_s , factor de simultaneidad

$D_{max-usuario}$, la demanda máxima de cada usuario

También se tiene que

$$D_{max-diversificada} = N_U * D_{max-div/usuario}$$

Siendo: $D_{max-div/usuario}$, la demanda máxima diversificada por usuario.

N_u , número de usuarios.

$$D_{max-diversificada} = 36 * 1 = 36 \text{ kVA}$$

La norma [2] estipula una proyección para dos años, luego la demanda máxima diversificada es de 38,9 kVA. De A.1 se tiene que

$$D_{max-usuario} = \frac{D_{max-diversificada} - D_{AP}}{f_s} = \frac{D_{max-diversificada} - N_L * S_{AP}}{f_s}$$

Siendo N_L el número de luminarias en el diseño [H]. Las luminarias son de 70 W con factor de potencia de 0,85. Y un factor de simultaneidad para 36 usuarios de 0,4 [2].

$$D_{max-usuario} = \frac{38,9kVA - 43 * \frac{0,07}{0,85} kVA}{0,4} = 2,6 kVA$$

Luego para cada una de las viviendas se tiene una demanda proyectada de 2,6 kVA, con un factor de potencia de 0,9.

Se debe tener en cuenta que la carga, por usuario para el de diseño de los sistemas de electrificación, es la especificada anteriormente la cual cumple con los requerimientos de los niveles de potencia del Operador de Red y satisfacer la carga promedio de la vereda [3].

A.2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR USUARIO

DE acurdo a la consultoría que se hizo a las comunidades vecinas que poseen el servicio de electricidad, el promedio se tiene un consumo de 107 kWh/mes. Cabe aclarar que la electrificadora no posee estudios de carga para estas comunidades debido al costo que representa realizarlos.

REFERENCIAS

[1] Proyecto específico Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado el 17 de enero de 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com

[2] Memoria Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado el 17 de enero de 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com

[3] Generalidades Proyectos de Líneas Aéreas de Baja Tensión. Norma Electricaribe (ECA). Unión Fenosa. Versión 5. [En línea]. Consultado el 17 de enero de 2014. Disponible en: www.electrificaribe.com

Anexo B. Presupuesto general de obras del proyecto energético extensión de red

Donde:

E_D = Consumo diario total en Wh/día

E_{CD} = Consumo Diario de energía en corriente directa en Wh/día

E_{CA} = Consumo diario de energía en corriente alterna en Wh/día

n_{reg} = Eficiencia del regulador en por unidad

n_{inv} = Eficiencia del inversor en por unidad

C2. Datos del aporte solar

Para establecer la energía aportada, es indispensable conocer la radiación solar incidente por m^2 de panel fotovoltaico, orientado hacia el sur y con un ángulo de inclinación β respecto a la horizontal. En Colombia por ser uno de los países por donde traza la línea del ecuador, no requiere de inclinación de los paneles debido a que su latitud es muy cercana a cero, pero se tomara como como inclinación $\beta=12$. Esto para evitar suciedad en los módulos.

La radiación solar sobre la superficie horizontal (R_0) se buscará en los mapas de radiación solar, o en tablas de radiación, las cuales muestran para diferentes lugares, el valor medio de la radiación diaria sobre la superficie horizontal en kWh/m^2 .

La horas de pico solar (HPS), se puede definir como el número de horas en que disponemos de una hipotética irradiancia solar constante de $1000w/m^2$. Para un ángulo de inclinación β se calcula la HPS como,

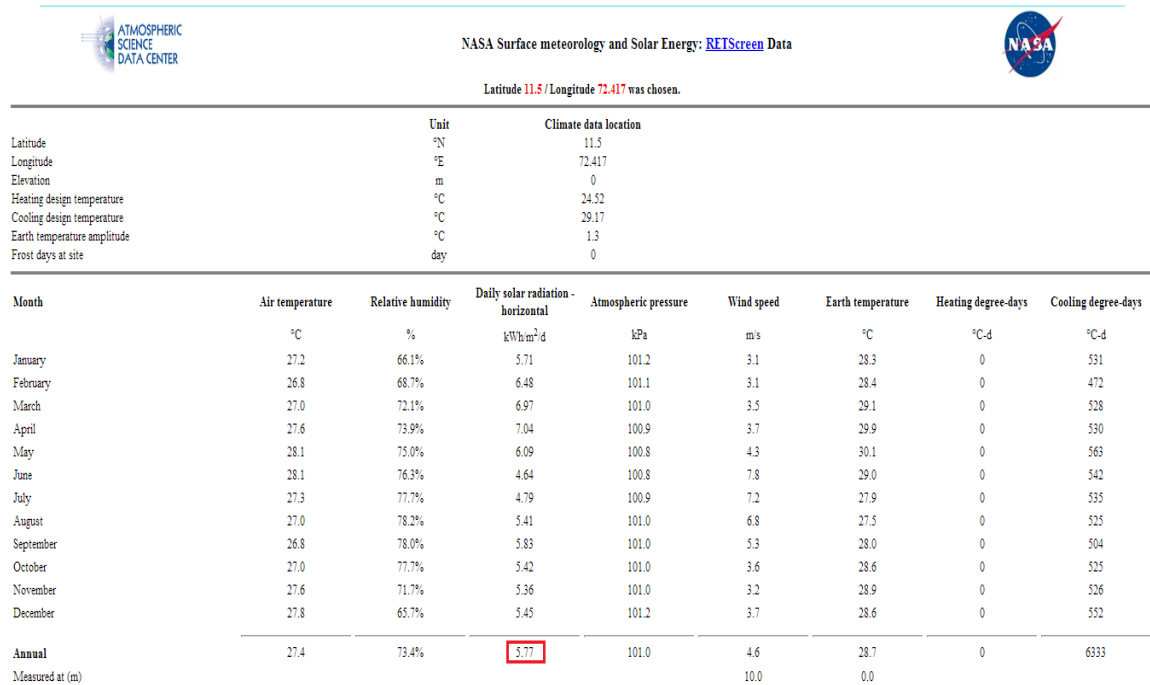
$$HPS_{\beta} = \frac{R_0}{I_{CEM}}$$

I_{CEM} = potencia de radiación incidente en kW/m^2 , su valor es $1 kW/m^2$

La radiación solar varia de un mes a otro es por eso que estos datos resulta más fáciles si se dispone de un software como NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data [3] que proporcionan el valor de la radiación mediante la

ubicación de la zona de instalación del sistema. En la figura C.2 se ilustra los datos arrojados en el software con el que se calculó la radiación solar de la zona a trabajar.

Figura C.2 Datos radiación solar



ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER

NASA Surface meteorology and Solar Energy: [RETScreen Data](#)

NASA

Latitude 11.5 / Longitude 72.417 was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	11.5
Longitude	°E	72.417
Elevation	m	0
Heating design temperature	°C	24.52
Cooling design temperature	°C	29.17
Earth temperature amplitude	°C	1.3
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
January	27.2	66.1%	5.71	101.2	3.1	28.3	0	531
February	26.8	68.7%	6.48	101.1	3.1	28.4	0	472
March	27.0	72.1%	6.97	101.0	3.5	29.1	0	528
April	27.6	73.9%	7.04	100.9	3.7	29.9	0	530
May	28.1	75.0%	6.09	100.8	4.3	30.1	0	563
June	28.1	76.3%	4.64	100.8	7.8	29.0	0	542
July	27.3	77.7%	4.79	100.9	7.2	27.9	0	535
August	27.0	78.2%	5.41	101.0	6.8	27.5	0	525
September	26.8	78.0%	5.83	101.0	5.3	28.0	0	504
October	27.0	77.7%	5.42	101.0	3.6	28.6	0	525
November	27.6	71.7%	5.36	101.0	3.2	28.9	0	526
December	27.8	65.7%	5.45	101.2	3.7	28.6	0	552
Annual	27.4	73.4%	5.77	101.0	4.6	28.7	0	6333
Measured at (m)					10.0	0.0		

Fuente: Tomado de [3]

C2.1 Potencia del panel solar

Se procede con el dimensionamiento del generador fotovoltaico.

$$P_{\text{generador}} = \frac{E_d}{n_{\text{sist}} * HPS_{\beta}}$$

$P_{\text{generador}}$ = Potencia pico del generador en condiciones estándar de medida

HPS_{β} = Horas de pico solar para un ángulo de inclinación β

E_d = Energía media diaria consumida, en kWh/m² dia

n_{sist} = Rendimiento medio del panel fotovoltaico

El número de paneles fotovoltaicos se obtiene con la fórmula:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \text{Parte entera} \left(\frac{P_{p\text{generador}}}{p_{p\text{panel}}} \right)$$

Donde:

$P_{p\text{generador}}$ = potencia pico del campo de paneles fotovoltaico.

$p_{p\text{panel}}$ = Potencia pico del panel fotovoltaico en kW según los datos que proporciona el fabricante.

Se calcula el número de paneles en serie que constituyen cada rama del generador.

$$N^{\circ}_{ps} = \frac{V_n}{V_{n\text{panel}}}$$

Donde

N°_{ps} = número de paneles en serie que componen cada rama

V_n = tensión nominal de la instalación, en voltios (V)

$V_{n\text{panel}}$ = tensión nominal de los paneles en voltios (V)

Para calcular el número de ramas de paneles en serie, que puestas en paralelo componen el campo fotovoltaico.

$$N^{\circ}r_{FV} = \frac{N^{\circ}_{\text{paneles}}}{N^{\circ}_{ps}}$$

Donde:

$N^{\circ}r_{FV}$ = número de ramas que componen el campo generador fotovoltaico

$N^{\circ}_{\text{paneles}}$ = número de paneles total

N°_{ps} = número de paneles en serie que componen cada rama.

C2.2 Selección del panel

En la actualidad hay gran variedad de empresas, que ofrecen sus servicios en el suministro de paneles solares.

Después de realizado el cálculo de los paneles, se puede tener una proyección a la potencia a la cual se va solicitar el panel. Se estimó un rango de potencia entre 190 [W] y 245 [W] y con una radiación solar de 5,77, determinado anteriormente.

En la tabla C2, se muestra algunos modelos que se podrían tener en cuenta para escoger el panel solar adecuado.

Tabla C2. Paneles

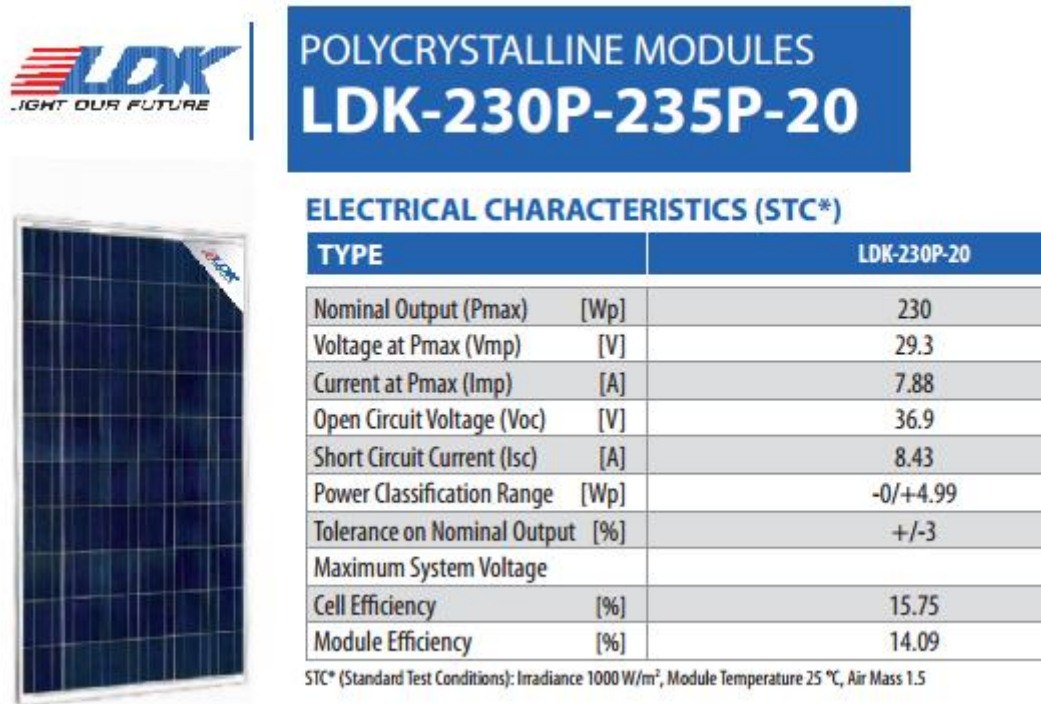
MODELO	EMPRESA	POTENCIA [W]	TECNOLOGIA
TSM-190	Trina Solar	190	Mono cristalino
LDK-230P	Suntech	230	Mono cristalino
REC230PE	REC	230	Poli cristalino
STP230-20/wd	Suntech	230	Poli cristalino
KD245GH-2PB	Kyocera	245	Poli cristalino
STP245-20/wd	Suntech	245	Poli cristalino
STP245S-20/wd	Suntech	245	Mono cristalino

Fuente: Autores

Se tienen como criterios de selección, el costo de los paneles, el cual es de suma importancia para analizar la viabilidad del proyecto, y el área de instalación de cada panel, lo cual no es crítico para este proyecto, ya que se dispone de una gran área de construcción.

De los paneles presentados en la tabla C2, se escoge el modelo **LDK-230P**, el cual tiene una potencia de 230 [W]. Sus especificaciones se muestran en la figura C3.

Figura C3. Panel solar seleccionado



. Fuente: Tomado de [5]

A partir de las características del equipo seleccionado, se obtiene el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos (tabla C3).

Tabla C3. Dimensionamiento paneles fotovoltaicos

Paneles fotovoltaicos	
Paneles requeridos corregidos	4
Numero de paneles en serie	1
Numero de paneles en paralelo	4

Fuente: Autores

C3. Dimensionamiento del sistema de baterías

Se debe tener en cuenta, tanto los parámetros nominales de la batería (capacidad nominal, Profundidad de descarga y capacidad útil), como las condiciones de funcionamiento de la instalación.

Profundidad de descarga

La profundidad de descarga de una batería, la cual se debe tener en cuenta en el cálculo, depende del tipo de batería que se use:

- 0,6 a 0,8 para acumuladores estacionales de alto volumen de electrolito.
- 0,5 a 0,6 para acumuladores tipo monobloc
- 0,3 a 0,5 para batería de automóvil

Determinación del voltaje del sistema

A partir de la tabla C4 se toma el voltaje del sistema como 24 V.

Tabla C4. Determinación del voltaje del sistema

Voltaje del sistema [V]	Máxima Corriente en forma constante [A]	Potencia máxima continua [W]
12	100	1200
24	100	2400
48	100	4800

Fuente: [2]

Días de autonomía

La capacidad de la batería quedará determinada por los días de autonomía deseados. Para los sistemas domésticos, los requerimientos típicos de autonomía están entre 2 y 5 días [2].

Una vez determinada la autonomía, se puede calcular la capacidad de la batería con la siguiente expresión,

$$C_n = \text{Capacidad de batería} = \frac{\text{energía necesaria} * \text{Días de autonomía} * F_s}{\text{Voltaje} * \text{Profundidad de descarga de batería}}$$

Donde,

$F_s = 1,1$. Es un factor de seguridad, con el que se tiene en cuenta los efectos de suciedad y la variación de eficiencia del generador fotovoltaico, según el espectro solar.

El número de baterías en paralelo se obtiene de,

$$N^{\circ}baterias_{Paralelo} = \frac{C_n}{C_{100}}$$

Donde,

C_{100} = capacidad de la batería escogida

Ahora el número de baterías que se conectan en serie se obtendrá

$$N^{\circ}baterias_{serie} = \frac{V_n}{V_{Nbatería}}$$

Donde,

V_n = tensión nominal de la instalación en V

$V_{Nbatería}$ = tensión nominal de las baterías en V

El número total de baterías será,

Total de baterías = $N^{\circ}baterias_{Paralelo} * N^{\circ}baterias_{serie}$

C3.1 Selección de la batería

En el mercado existen baterías (acumuladores) de varios tipos, algunas suelen ser más utilizadas que otras, puesto que su mantenimiento es muy bajo y su ciclo de carga y descarga es grande. Existen otras que tienen la ventaja de poseer ciclos de carga y descargas grandes y una vida útil mayor, pero tiene como desventaja su costo elevado. Teniendo estos parámetros de escogencia se tomó como batería para el diseño, la batería monoblock U- POWER 250 ah 12V.

La profundidad de descarga del acumulador de alto volumen de electrolito, es del 80%. Se va a trabajar con un voltaje del sistema de 24 V y se tendrán 2 días de autonomía.

Figura C.4 Bateria monoblock U- POWER 250 ah 12V

Batería monoblock AGM U-Power 12V 250Ah sin mantenimiento

Características

- > Tecnología AGM con electrolito absorbido
- > Mínima auto-descarga
- > Totalmente libre de mantenimiento
- > Adecuada para aplicaciones en interiores
- > Uso flexible para uso cíclico, tracción y de arranque
- > Alta capacidad de descarga
- > Alta fiabilidad
- > Más de 500 ciclos a 75% D.O.D.
- > Más de 1000 ciclos según IEC 61427



Tomado [6]

Con las características especificadas en la figura C6, el grupo de baterías para el correcto funcionamiento del sistema quedará de la siguiente manera.

Tabla C5. Dimensionamiento de la batería

Baterías	
Numero de Baterías de 250 Ah en paralelo	3
Numero de Baterías de 250 Ah en serie	2
Total de Baterías de 250 Ah	6

Fuente. Autores

C4. Dimensionamiento del regulador

$$I_{\text{entrada regulador}} = I_{sc} * N^{\circ} r_{FV} * F_{\text{seguridad}}$$

Donde,

I_{sc} = Corriente de cortocircuito de un módulo

$N^{\circ}r_{FV} = \text{paneles en paralelo}$

$F_{seguridad} = \text{factor de seguridad } 1,25$

$$I_{salida\ regulador} = \frac{F_{seguridad} * \frac{Potencia\ pico\ demanda\ [w]}{Eficiencia\ inversor}}{Voltaje\ sistema\ [V]}$$

C4.1 Selección del regulador

Para la selección del regulador de carga se pueden tomar dos alternativas de selección. La primera consiste en tomar un regulador de alta capacidad de corriente, pero la desventaja es que tiene un costo demasiado alto. Lo aconsejable es utilizar reguladores de menor capacidad, que son muchos más factibles económicamente

En la tabla C6, se muestra los valores obtenidos, para el cálculo del regulador de carga

Tabla C6. Dimensionamiento del regulador

DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR	
Corriente de cortocircuito de un módulo (A)	8,43
Número de Módulos en Paralelo	4
Factor de seguridad del Regulador	1,25
Corriente de Entrada del Regulador (A)	42,15
Rendimiento del inversor	92%
Corriente de Salida del Regulador (A)	148,3

Fuente: Autores

Para abastecer la corriente de salida del regulador, se utilizarán dos reguladores de capacidad de 96 A CLASSIC lite 150 (figura C5).

Figura C5. Carracteristicas Regulador de carga

**Midnite Solar
Classic Lite 150, Classic Lite 200,
Classic Lite 250 & Classic Lite 250KS
MPPT Charge Controllers**



Fuente: tomado de [8]

C5. Dimensionamiento del inversor

$$Potencia_{inve\ selec} = Potencias\ de\ las\ cargas\ de\ alterna\ (W) * FS$$

Donde,

FS . = factor de pérdidas del inversor. 1.2

C5.1 Selección del inversor

En la tabla C7 se presenta la potencia que necesita convertir el inversor. Se trabajará con inversores Samlex Latina de 600 W, cuyas características se presentan en la figura C8.

Tabla C7. Dimensionamiento del inversor

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR	
Potencias de las cargas de alterna (W)	1310
Factor de seguridad	1,2
Potencia del Inversor Seleccionado (KW)	1.572

Fuente: Autores

Figura C.6 Carracteristicas del inversor



Fuente: tomado de [9]

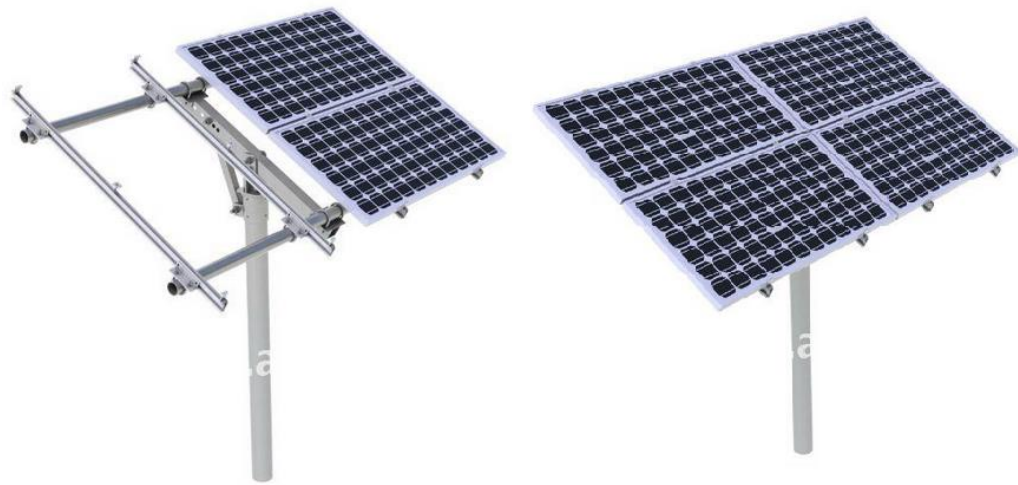
Se utilizarán 3 inversores de referencia SA-600R-124 para cumplir con la potencia necesaria.

C6. Selección del soporte para los paneles

Para la ubicación de los paneles solares se requieren de estructuras de apoyo, donde le puedan proporcionar la inclinación adecuada, si lo requieren, con el fin de mejorar la captación solar. Se empleará una estructura de soporte para el suelo, debido a que no es posible instalar los módulos solares en el techo de las casas, pues por sus características, no soportan el peso del sistema.

Solar poste de acero de soporte Ck-pm

Figura C.7. Soporte para 4 paneles



Fuente: [10]

la instalación del sitio	de terreno abierto
altura del sistema	< 2.5m
el ángulo de la instalación	10-60° deg;
la resistencia al viento	< 60m/s
la carga de nieve	1.4kn/m ²
el panel solar tipo estándar	con o sin marco Como/nzs 1170 y otro estándar internacional
material	<u>De alta</u> aleación de aluminio al6005-t5/acero inoxidable 304/caliente de acero galvanizado
anticorrosivo	Anodizado de aluminio y galvanizado/pintura de acero inoxidable
de color	la pintura es negro y otro es natural
la garantía de calidad	años 10

C7. Sección de los cables instalación Fotovoltaica

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener unos valores de sección tales que la caída de tensión en ellos sea inferior a las indicadas a continuación:

- Caídas de tensión máxima entre generador FV y regulador: 3 %
- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1 %

- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor /regulador y cargas: 3 %

Intensidad de corriente a través del cable conductor

Valor (I) del campo fotovoltaico

Es la corriente de energía que se transporta desde la FUENTE paneles fotovoltaicos por el regulador, baterías e inversor.

A esto se le denomina “Corriente del campo fotovoltaico (Icf)” que es igual a la sumatoria de la corriente de cortocircuito de cada panel multiplicado por el número de ramas del campo fotovoltaico más el 10% como margen de seguridad.

$$I = 1,1 \times (4 \times 8,43)$$

$$I = 37,09 \text{ A}$$

Diferencia de tensión de trabajo V1-2

El cable conductor tiende a perder energía de un extremo de fuente (1) hasta el otro extremo recepción (2) el mismo que está relacionado con los porcentajes nominales de caída de tensión dados anteriormente.

Para un funcionamiento del sistema de la instalación de 24 [v], se puede saber que entre el panel y el regulador la diferencia de tensión de trabajo (V1-2) resulta

$$V1-2 = 3\% \times 24 = 0,72$$

Conductividad (k) del cable

Un cable de cobre tiene un valor de conductividad (k): 56 m/Ohm.mm²

Un cable de aluminio tiene un valor de conductividad (k): 35 m/ohm.mm²

En el proyecto se trabajara con alambres de cobre de instalación básica y domestica para pequeños equipos.

Tabla para conocer calibre de los conductores de cobre

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE proporciona la tabla. Donde se obtiene el calibre del conductor AWG requerido para el sistema

Tabla C8 Conductores electricos

Calibre		Area Nominal (mm ²)	R _{Noc} 20 °C (Ω/km)	Calibre		Area Nominal (mm ²)	R _{Noc} 20 °C (Ω/km)
kcmil	AWG			kcmil	AWG		
1 000		506,71	0,0348	66,36	2	33,63	0,522
900		456,04	0,0387	52,62	3	26,66	0,660
800		405,37	0,0433	41,74	4	21,15	0,830
750		380,03	0,0462	33,09	5	16,77	1,05
700		354,70	0,0495	26,24	6	13,30	1,32
600		304,03	0,0581	20,82	7	10,55	1,67
500		253,35	0,0695	16,51	8	8,37	2,10
400		202,68	0,0866	13,09	9	6,63	2,65
350		177,35	0,0991	10,38	10	5,26	3,35
300		152,01	0,116	6,53	12	3,31	5,35
250		126,68	0,139	4,11	14	2,08	8,46
211,6	4/0	107,22	0,164	2,58	16	1,31	13,4
167,8	3/0	85,03	0,207	1,62	18	0,82	21,4
133,1	2/0	67,44	0,261	1,02	20	0,52	33,8
105,6	1/0	53,51	0,328	0,64	22	0,32	53,8
83,69	1	42,41	0,417	0,404	24	0,20	85,6

Autor. RETIE

Fórmula para calcular la sección Área del cable

$$S = 2 \frac{LxI}{KxV(1-2)}$$

Se toma como distancia desde la fuente de generación hasta la carga una longitud de 2,5 m

$$S = 2 \frac{2,5x37,09}{56x0,72}$$

$$S = 4,59 \text{ mm}^2$$

Se mira en la tabla y se observa que el conductor que sirve para la acometida es el AWG #10.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS

Los equipos y elementos suministrados cumplen con las especificaciones detalladas a continuación.

Celdas Fotovoltaicas:

Corresponden a celdas de silicio mono cristalino (tipo redondo o cuadrado), Los materiales en los cuales están ensambladas las celdas reúnen las siguientes características:

- ✓ La cubierta superior del módulo es en vidrio templado de alta transmisividad con tratamiento anti reflexivo y bajo contenido de hierro.
- ✓ La parte inferior del módulo es de un material que le permite estar en condiciones de intemperie, que considera la dilatación térmica y su acoplamiento con el vidrio.
- ✓ El material del contorno del módulo es compatible con las cubiertas superior e inferior, impermeable al agua y al vapor de agua y estable a la radiación ultravioleta.
- ✓ El módulo tiene un diseño compacto para mayor facilidad de instalación y el marco del perfil es de aluminio.
- ✓ El módulo está provisto de por lo menos una caja de conexión, para los terminales positivo y negativo y que permite una conexión eléctrica firme y a prueba de humedad.
- ✓ El módulo tiene instalado por lo menos un diodo que reduce la posibilidad de pérdida de energía desde la batería hacia el módulo.

Baterías

- ✓ Las baterías son del tipo Plomo Acido, libres de Mantenimiento, Baja emisión de gases con capacidad mínima de 250 A-H. Las placas positivas son de alto rendimiento. Las placas negativas son de alta resistencia a la corrosión y mínimas pérdidas del material activo.
- ✓ Los terminales son de sección adecuada para soportar perfectamente las descargas más elevadas.
- ✓ El voltaje nominal de operación de la batería es de 12 V.

Regulador de Carga

- ✓ El regulador electrónico optimiza el régimen de carga-descarga de la batería y asegura la operación de la misma mediante límites adecuados de funcionamiento.
- ✓ Recubrimiento anticorrosivo en su parte externa y un inhibidor de corrosión biodegradable tipo fase vapor que previene la corrosión de los componentes internos del regulador.
- ✓ Además el regulador debe tener incorporado entre otras los siguientes indicadores:
 - Indicador visual: Carga
 - Indicador visual: baja tensión de batería
 - Indicador visual: sobrecarga batería

Inversor AC/DC

- ✓ Debe Poseer contactos multifuncionales sin potencial que pueden programarse para numerosas aplicaciones. Deben dar señales de alarma ante cualquier evento dentro o fuera del inversor (disponibilidad de la red, tensión de la batería, aviso de fallo).
- ✓ Tensión sinusoidal pura
- ✓ Excelente capacidad de sobrecarga
- ✓ Óptima protección de la batería
- ✓ Cargador de batería integrado y ajustable
- ✓ Cargador de batería programable y escalonado con corrección del factor de potencia (PCF)
- ✓ Detección automática de consumidor
- ✓ Detección de cargas ajustable (stand-by) en un amplio rango a partir de un valor mínimo
- ✓ Conectable en paralelo
- ✓ Alta fiabilidad
- ✓ Puede utilizarse como sistema backup o como sistema de alimentación ininterrumpida
- ✓ Rápido relé de conmutación
- ✓ Protección contra descarga total
- ✓ Desconexión por sobretensión en la batería
- ✓ Protección contra sobre temperatura y sobrecarga
- ✓ Protección contra cortocircuitos
- ✓ Protección contra polaridad inversa por medio de fusible interno

INSTALACIÓN POLO A TIERRA

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen nuestros equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa.

El objetivo de un sistema de puesta a tierra es:

- ✓ El de brindar seguridad a las personas.
- ✓ Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.
- ✓ Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- ✓ Para la puesta a tierra se debe emplear cable de cobre No. 8, varilla de cobre al 99% de pureza de 2,40 mts y soldadura Cadwell, donde se debe garantizar la puesta a tierra con resistencia menor a 25 ohmios.

CONDUCTORES

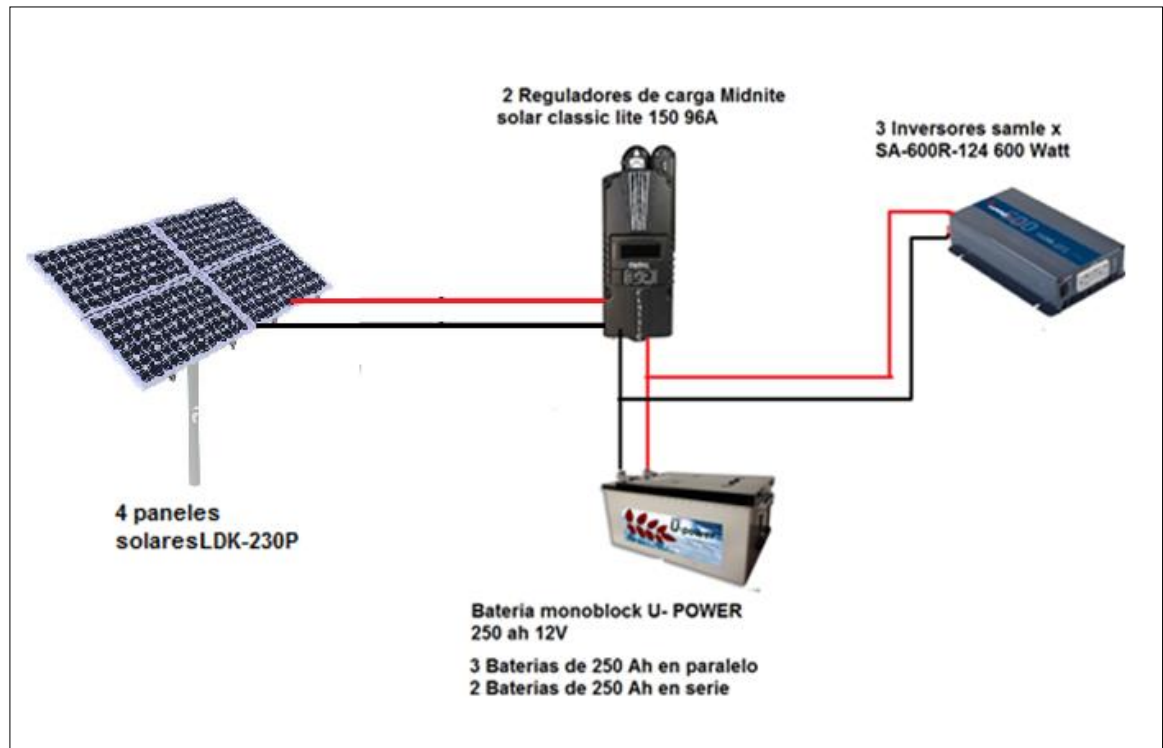
- ✓ Los conductores serán utilizados en sistemas fotovoltaicos, bajo las condiciones ambientales de la comunidad citada.
- ✓ El conductor para la acometida es del tipo AWG N° 10 o 12 dúplex bicolor encauchetado.
- ✓ El conductor para las instalaciones interiores es del tipo AWG N° 14 bicolor encauchetado. Los conductores son de cobre con una conductividad mínima del 98 %, tipo cable.
- ✓ El conductor entre la batería y el regulador es el No.10 o 12AWG dúplex bicolor encauchetado
- ✓ En toda la instalación los conductores utilizados tienen la polaridad claramente identificada; en caso de utilizar el color de los forros para este propósito, el conductor positivo será rojo o blanco y el negativo de color negro.

HERRAJES, CONECTORES Y DEMÁS ACCESORIOS

- ✓ Los herrajes a utilizar como tornillería, tuercas, arandelas, etc., son de acero inoxidable o galvanizado o aluminio, según la resistencia requerida para su utilización.
- ✓ Teniendo calculado los elementos que conformaran el sistema solar fotovoltaico y la cantidad de elementos para el buen funcionamiento del mismo se muestra en la

En la Figura C.8. se observa el esquema básico de conexión del sistema.

Figura C.8 Conexionado del sistema fotovoltaico



Fuente: Autores

REFERENCIAS:

- [1] Miguel Ángel Sánchez. Energía solar fotovoltaica. Limusa 2012
- [2] Enriquez Harper. Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas. Limusa 2010
- [3] NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. consultado en página web. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [4] consumo de tus electrodomésticos. Electricaribe. Web <http://www.electricaribe.com/co/inicio/hogar/consejos/consejos+de+ahorro+de+energia/1297110312235/consumo+de+tus+electrodomesticos.html>
- [5] LDK, Catalogo panel solar. Consultado en página web. http://www.ldksolar.com/uploadfiles/down/LDK_230P_235P_20_Ontario_DCC_EN_V1_12_120229.pdf [6] Visión. Baterías. Modelo 6FM200-X. 2014
- [6] Batería solar leoch. Consultado en página web. http://www.damiasolar.com/productos/bateria_solar/bateria-solar-leoch-agm-250ah-c100_da0503_36
- [7] Energía solar. Consultado en página web. http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/energia_solar.swf
- [8] Catalogo Regulador. Consultado en página web. <http://www.altestore.com/store/Charge-Controllers/Solar-Charge-Controllers/MPPT-Solar-Charge-Controllers/Midnite-Solar-Charge-Controllers/Midnite-Solar-Classic-Lite-150-MPPT-Charge-Controller-150V-96A/p10204/>
- [9] Catalogo Inversor. Consultado en página web. <http://www.altestore.com/store/Inverters/Off-Grid-Inverters/300-to-999-Watts/Samlex-SA-600W-24V-Heavy-Duty-Inverter/p9792/>
- [10] Soportes para paneles. Consultado en página web. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/4-panels-solar-pole-mounting-bracket-507254417.html>
- [11] Inclinación panel. Consultado en página web. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar08/HTML/articulo03.htm>

Anexo D. Presupuesto SFV

Anexo E. Matriz de cálculos. Redes de distribución Mapuain

Anexo F. Matriz de cálculos. Redes de distribución Ushu-Mali

- Anexo G. Memoria de cálculo proyecto tipo. Extensión de redes Mapuain**
- Anexo H. Memoria de cálculo proyecto tipo. Extensión de redes Ushu-Mali**
- Anexo I. Informe de Gestión Ambiental**
- Anexo J. Presupuesto Extensión de red Mapuain**
- Anexo K. Presupuesto Extensión de red Ushuru-Malirrachon**
- Anexo L. Informe Socioeconómico**
- Anexo M. Plano de Localización de beneficiarios**
- Anexo N. Plano distribución**