

**METODOLOGIA DE ENERGIZACION SOSTENIBLE A ZNI DE COLOMBIA,
CONSIDERANDO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USOS
PRODUCTIVOS EN LA DEMANDA**

PRESENTA:

LEIDY JULIANA CARRILLO GOMEZ

BRAYAN ANDRES DIAZ JOVEN



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA EN ENERGIA

BUCARAMANGA, COLOMBIA

2017

**METODOLOGIA DE ENERGIZACION SOSTENIBLE A ZNI DE COLOMBIA,
CONSIDERANDO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USOS
PRODUCTIVOS EN LA DEMANDA**

Proyecto de grado para optar por el título de Ingenieros en Energía

Director:

PhD. YECID ALFONSO MUÑOZ MALDONADO

Codirector:

PhD. LEONARDO ESTEBAN PACHECHO SANDOVAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA EN ENERGIA

BUCARAMANGA, COLOMBIA

2017

Nota de aceptación

Firma Director de proyecto de grado

Firma Codirector de proyecto de grado

Firma Calificador

Bucaramanga, 07 de diciembre de 2017.

*“He aprendido que todo el mundo quiere vivir en la cima de la montaña,
sin saber que la verdadera felicidad está en la forma de subir la
escarpada”*

Gabriel García Márquez.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su inmensa bondad expresada en el esfuerzo y la dedicación de nuestra familia, fuente de apoyo e inspiración; en nuestros maestros quienes con una impecable formación nos han preparado para los retos del mañana; y en Majayutpana, tierra ancestral de princesas que dejó una marca indeleble en nuestras vidas.

RESUMEN

TÍTULO

METODOLOGIA DE ENERGIZACION SOSTENIBLE A ZNI DE COLOMBIA, CONSIDERANDO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USOS PRODUCTIVOS EN LA DEMANDA

AUTORES

LEIDY JULIANA CARRILLO GOMEZ

BRAYAN ANDRES DIAZ JOVEN

PALABRAS CLAVE

Energización rural, desarrollo, ZNI, HOMER Energy, ViPOR

DESCRIPCIÓN

Este proyecto se basa en la búsqueda de soluciones a la problemática que enfrentan territorios vulnerables que no cuentan con acceso a energía eléctrica. El principal aporte constituye la propuesta de una metodología que sirva de guía para orientar el proceso de ingeniería requerido para proveer soluciones sostenibles de energización en zonas no interconectadas (ZNI), considerando criterios de eficiencia energética y usos productivos en la demanda. Para el diseño de la investigación se consideró una metodología de investigación mixta que combinó elementos cualitativos y cuantitativos e incluyó interacción con la comunidad. La validación de la metodología se hizo con una prueba piloto en la comunidad de Majayutpana ubicada en el departamento de La Guajira en Colombia. Por otra parte, se utilizaron los softwares de simulación HOMER Energy y ViPOR para el proceso de manejo de datos e identificación de los escenarios a ser tenidos en cuenta. Con el trabajo de campo desarrollado se pudo evidenciar que la interacción con la comunidad objeto de estudio permite enriquecer la propuesta de diseño que se elaboró haciéndola más pertinente para el entorno en el cual se desarrolló el proyecto.

ABSTRACT

TITLE

METHODOLOGY OF SUSTAINABLE ENERGIZATION FOR NIZ OF COLOMBIA, CONSIDERING CRITERIA OF ENERGY EFFICIENCY AND PRODUCTIVE USES IN DEMAND

AUTHOR

LEIDY JULIANA CARRILLO GOMEZ

BRAYAN ANDRES DIAZ JOVEN

KEYWORDS

Rural energization, Development, ZNI, HOMER Energy, ViPOR

DESCRIPTION

This project is based on the search for solutions to the problems faced by vulnerable territories that do not have access to electricity. The main contribution is the proposal of a methodology that serves as a guide to the engineering process required to provide sustainable energization solutions in non-interconnected zones, considering criteria of energy efficiency and productive uses in demand. For the design of the research, a mixed research methodology that combined qualitative and quantitative elements and interaction with the community was considered. The validation of the methodology was done with a pilot test in the community of Majayutpana located in the department of La Guajira in Colombia. On the other hand, simulation software as HOMER Energy and ViPOR were used for the process of data management and identification of the scenarios to be taken into account. With the field work developed it was possible to demonstrate that the interaction with the community under study allows us to enrich the design proposal that was developed making it more pertinent for the environment in which the project was developed.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	14
1. GENERALIDADES.....	15
1.1. Formulación del Problema.....	15
1.2. Importancia y justificación	15
1.3. Objetivos	16
2. MARCO TEORICO.....	17
2.1. Marco conceptual	17
2.2. Marco normativo	19
2.3. Métodos y técnicas.....	22
2.4. Antecedentes	23
3. METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	24
4. PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE.....	26
4.1. Levantamiento de información primaria y secundaria	26
4.1.1. Información demográfica	27
4.1.2. Información energética.....	27
4.2. Caracterización de la Zona.....	27
4.3. Identificación de necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo productivo a satisfacer.....	27
4.4. Identificación de oportunidades de eficiencia energética.....	28
4.5. Caracterización de la demanda	28
4.5.1. Tipos de carga.....	29
4.5.2. Estimación de consumo.....	30
4.5.3. Demanda diaria	30
4.6. Caracterización de la oferta	31
4.6.1. Potencial de fuentes alternativas.....	31
4.7. Simulación del sistema de suministro energético	35
4.7.1. Escenarios de suministro.....	37
4.7.2. Simulación Mix energético.....	37
4.7.3. Sensibilización y Optimización.....	37
4.8. Configuración del sistema de suministro.....	37

4.8.1.	Alternativas de suministro.....	38
4.8.2.	Simulación de la configuración	38
4.8.3.	Sensibilización.....	38
4.9.	Análisis de resultados	39
5.	APLICACIÓN DE METODOLOGIA DE ENERGIZACIÓN	39
5.1.	Levantamiento de información primaria y secundaria	39
5.1.1.	Información demográfica	39
5.1.2.	Información energética.....	42
5.2.	Caracterización de la Zona.....	44
5.3.	Identificación de necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo a satisfacer.....	46
5.4.	Identificación de oportunidades de eficiencia energética.....	47
5.5.	Caracterización de la demanda	48
5.5.1.	Tipos de carga.....	48
5.5.2.	Estimación de consumo.....	48
5.5.3.	Demanda diaria.....	54
5.6.	Caracterización de la oferta	54
5.6.1.	Potencial de fuentes alternativas.....	54
5.7.	Simulación del sistema de suministro energético	57
5.7.1.	Escenarios de suministro.....	57
5.7.2.	Simulación del mix energético	57
5.7.3.	Sensibilización y Optimización.....	62
5.7.4.	Dimensionamiento del sistema de suministro.....	69
5.8.	Configuración del sistema de suministro de energía	70
5.8.1.	Alternativas de suministro.....	70
5.8.2.	Simulación de la configuración	70
5.8.3.	Sensibilización.....	74
5.8.4.	Resultados de Configuración de suministro.....	77
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES.....	80
	BIBLIOGRAFIA.....	81
	ANEXOS.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de diferentes sistemas de generación de energía.....	18
Figura 2. Fases de la investigación.....	24
Figura 3. Diagrama de la metodología propuesta	26
Figura 4. Perfiles de carga típicos.....	29
Figura 5. Curva de irradiancia	32
Figura 6. Distribución horaria de la irradiancia solar en un caso real y otro hipotético	32
Figura 7. Ubicación geográfica de Majayutpana	40
Figura 8. Ganadería caprina	40
Figura 9. Producción de artesanías tradicionales.....	41
Figura 10. Producción de bebidas fermentadas típicas	41
Figura 11. Necesidades básicas insatisfechas en zonas rurales de La Guajira.....	42
Figura 12. Generador a gasolina de 2,5 kW	43
Figura 13. Georreferenciación de la zona de estudio.....	44
Figura 14. Vivienda construida con Yotojoro	45
Figura 15. Vivienda construida con barro, cemento y tejas de eternit	45
Figura 16. Escuela de Majayutpana – propuesta de localización del centro productivo	46
Figura 17. Curva de demanda horaria para sector residencial en zonas rurales	53
Figura 18. Radiación solar zona caribe de Colombia	55
Figura 19. Velocidad del viento zona caribe de Colombia	55
Figura 20. Radiación solar e índice de claridad en Majayutpana	56
Figura 21. Velocidad del viento en m/s en Majayutpana.....	56
Figura 22. Perfil de carga diario para el escenario residencial	57
Figura 23. Perfil de carga diario para el escenario del centro productivo.....	57
Figura 24. Perfil de carga diario para el escenario centralizado. (a) Comunidad, (b) Centro productivo	58
Figura 25. Potencial de recursos energéticos con mayor viabilidad. (a) Solar, (b) Eólico ..	58
Figura 26. Variación del costo capital en sistemas fotovoltaicos	59
Figura 27. Costos asociados al sistema fotovoltaica.....	59
Figura 28. Variación del costo capital en sistemas eólicos	60
Figura 29. Costo capital de almacenamiento, por tecnología	61
Figura 30. Posibles configuraciones para el sistema residencial.....	62
Figura 31. Optimización para el escenario residencial.....	63
Figura 32. Mix energético para el escenario residencial	63
Figura 33. Sensibilización de demanda del escenario residencial.....	64
Figura 34. Posibles configuraciones para el sistema del centro productivo	64
Figura 35. Optimización para el escenario del centro productivo	65
Figura 36. Mix energético para el escenario del centro productivo.....	66
Figura 37. Sensibilización de demanda del escenario del centro productivo	66
Figura 38. Posibles configuraciones para el sistema del centralizado.....	67
Figura 39. Sensibilización de carga para el escenario centralizado	67
Figura 40. Sensibilización de demanda en el escenario centralizado	68
Figura 41. Sensibilización del recurso eólico.....	69
Figura 42. Coordenadas de trabajo	71
Figura 43. Escenario base para configuración del sistema.....	71
Figura 44. Demanda diaria por tipo de carga	72

Figura 45. Condiciones asociadas a la distribución. (a) Cableado, (b) Transformadores y conexiones.....	73
Figura 46. Costos de las diferentes configuraciones de suministro	73
Figura 47. Configuración de suministro	74
Figura 48. Análisis de sensibilidad caso A.....	75
Figura 49. Análisis de sensibilidad caso C	76
Figura 50. Análisis de sensibilidad caso D	76

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de normativa para ZNI.....	20
Tabla 2. Antecedentes de proyectos realizados en la zona.....	23
Tabla 3. Estructura de desarrollo del proyecto.....	25
Tabla 4. Tensión nominal de la instalación.....	30
Tabla 5. Comparativo de software de análisis de sistemas de generación de energía.	36
Tabla 6. Distribución espacial de las necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo a satisfacer.....	46
Tabla 7. Acciones propuestas de eficiencia energética.....	47
Tabla 8. Consumo básico de subsistencia según PERS Guajira.	49
Tabla 9. Consumo residencial propuesto para las viviendas de Majayutpana.....	49
Tabla 10. Consumo propuesto para el centro productivo.....	50
Tabla 11. Demanda promedio por hora para la comunidad de Majayutpana.....	53
Tabla 12. Demanda diaria para los tipos de carga en estudio.....	54
Tabla 13. Costos asociados a instalaciones eolicas.....	60
Tabla 14. Costos asociado al inversor.....	61
Tabla 15. Resumen de dimensionamiento por escenario.....	69
Tabla 16. Convenciones correspondientes al software ViPOR.....	72
Tabla 17. Análisis de sensibilización de la configuración del sistema de suministro.....	75
Tabla 18. Datos de la configuración del sistema de suministro.....	77

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de Consumos y Usos de Energía para sector residencial en el departamento de La Guajira

Anexo 2. Modelo de Acta de Concertación y Compromisos

ACRONIMOS

HOMER ENERGY ViPORA	Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources
IPSE	Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las Zonas no Interconectadas
ZNI	Zonas no Interconectadas
PERS	Plan de energización rural sostenible
PDN	Plan de desarrollo nacional
FNCER	Fuentes no convencionales de energía renovable
FNCE	Fuentes no convencionales de energía
FCE	Fuentes convencionales de energía
POT	Plan de ordenamiento territorial
SIN	Sistema Interconectado Nacional
STN	Sistema de Transmisión Nacional
STR	Sistema de Transmisión Regional
UPME	Unidad de planeación minero energética
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
IEA	International Energy Agency
HSP	Horas solares pico

INTRODUCCION

Hacer referencia al acceso a la energía, casi de manera inmediata es aludir a aspectos relacionados con calidad de vida, ya que esta es condicionante de la gran mayoría de actividades relacionadas con el desarrollo del hombre y del ecosistema en el que habita. Así mismo, este acceso constituye un potencial determinante de las condiciones de su entorno, del crecimiento industrial y del progreso de las naciones; las que a su vez responden al dinámico incremento de las necesidades demandadas, en donde a medida que la demanda energética incrementa a nivel mundial, las necesidades sociales y económicas también lo hacen, pero esto no se da en todas las regiones por igual.

Actualmente en Colombia existen alrededor de 432.000 usuarios, en su mayoría comunidades aisladas, que no cuentan con el servicio de energía eléctrica, ubicándolas en una situación de vulnerabilidad, obstaculizando un apropiado desarrollo humano y socio económico, en donde efectos puntuales como el vínculo de la energía con la inclusión social, la salud, la educación, y la infraestructura, constituyen condiciones importantes para la mejora de la calidad de vida.

Sin embargo, en muchas ocasiones las comunidades carecen del conocimiento apropiado sobre cuáles de los recursos con los que cuentan podrían utilizarse de un modo adecuado o más efectivo, de tal manera que les permita tener acceso a la energía, bien sea para resolver sus necesidades básicas o para impulsar iniciativas que estimulen su desarrollo productivo. Esta situación representa una falencia en la dimensión técnica, propiciando un potencial de riesgo en la sostenibilidad de los proyectos en el largo plazo, así como otras dimensiones como las sociales, económicas y ambientales también pueden contribuir a este riesgo.

El objetivo de los proyectos de energización rural es mejorar las condiciones de vida de los pobladores de comunidades aisladas, usando la energía como herramienta para el logro de un desarrollo rural integral en el largo plazo. Es así como metodologías que incentiven el desarrollo y gestión de soluciones de energización sostenible en sitios aislados por medio de la interacción con la comunidad representan una herramienta que facilita la consecución eficaz de estos ideales. En este documento se describe una metodología que sirve para orientar procesos de energización en comunidades.

1. GENERALIDADES

1.1. Formulación del Problema

La situación geográfica, la baja densidad poblacional, y los altos índices de pobreza son tres factores propios de las Zonas No Interconectadas (ZNI), que se interrelacionan en la medida en la que, al ser zonas de difícil acceso, tienen baja densidad poblacional y por tanto menor desarrollo, lo que se traduce en altos índices de pobreza e incremento de brechas entre comunidades en mejores condiciones.

Esta dinámica situacional hace que en estas zonas no se lleven a cabo proyectos de intervención para potencializar el desarrollo social, económico o de infraestructura; un claro y preocupante ejemplo de esta situación es la escasa oferta de proyectos de inversión para establecer interconexión con el mercado económico y el sistema eléctrico nacional.

Finalmente, son evidentes las precarias condiciones que se presentan en aquellas zonas aisladas que pueden acceder a proyectos de cobertura eléctrica, en donde la prestación del servicio es deficiente y poco sostenible, debido a que estos fueron diseñados e implementados bajo un análisis donde se enfocaron en la aplicación y gestión de proyectos tecnológicos, mientras que el enfoque en las personas se dejó de lado, lo que representa una barrera. Por un lado, se demostró que las tecnologías de generación de electricidad en zonas aisladas funcionan, pero los proyectos no lograron un equilibrio en sus dimensiones técnicas, económicas, sociales y ambientales lo que representa un peligro para la sostenibilidad de los proyectos en el largo plazo.

Es por esto que para el desarrollo de este trabajo de grado se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- a) *¿Qué actividades, recursos, criterios y tiempos deben ser considerados para proveer una solución de energización sostenible para una ZNI?*
- b) *¿Cómo puede ser desarrollada una solución de ingeniería que ayude a mitigar el problema identificado?*

1.2. Importancia y justificación

Las brechas que se generan entre las comunidades que cuentan con acceso a energía y las que no tienen esta posibilidad, pueden generar diversas consecuencias tanto para los miembros de la comunidad como para la sociedad en general. Si bien Colombia es reconocida internacionalmente por su biodiversidad, también lo es por aspectos negativos como la inequidad que existe en diferentes

dimensiones. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) la desigualdad es de las mayores del mundo.

Este proyecto contribuye a abrir un espectro de desarrollo de soluciones que aporten a mitigar la problemática de carencia de energía en comunidades, donde a partir de diseño de soluciones de ingeniería se apueste por la contribución de un desarrollo digno y sostenible. Así mismo, busca contribuir al empoderamiento de la comunidad donde se realice la intervención, en donde a partir de esfuerzos endógenos propios de la comunidad y de los estudiantes del programa de Ingeniería en energía de la Unab, se desarrollen soluciones que hagan uso efectivo de recursos propios, los que sumados a las herramientas que se brindan a la comunidad, constituyan una contribución a la mejora de su situación.

Igualmente, se genera un aporte en la construcción que se ha realizado de las lecciones aprendidas del proyecto, en las que a partir de una documentación que inició desde la concepción del planteamiento del proyecto hasta su finalización, contribuyen al desarrollo de ejercicios replicables por parte de otros estudiantes y miembros de la comunidad académica que estén interesados en replicar la experiencia o en crear nuevas soluciones para otras comunidades en Colombia o en otros países.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una metodología de energización sostenible para zonas no interconectadas de Colombia bajo criterios de eficiencia energética y usos productivos en la demanda.

Objetivos específicos

- Determinar la demanda para usos domésticos y productivos de la zona, considerando acciones de eficiencia energética del sistema actual.
- Identificar la disponibilidad y respectivo potencial de recursos aprovechables para la generación de energía en la ZNI seleccionada.
- Dimensionar el sistema de suministro energético de la demanda requerida en la ZNI a partir de por lo menos 2 fuentes alternativas de energía, seleccionadas por medio de una simulación en el software HOMER Energy.
- Evaluar la mejor alternativa de suministro energético, considerando configuración de generación centralizada o individual.

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco conceptual

- **Acceso a la energía**

El acceso a la energía es la capacidad de aprovechar la energía adecuada, disponible cuando sea necesaria, confiable, de buena calidad, asequible, legal, conveniente, saludable y segura, para todos los servicios energéticos requeridos en los usos domésticos, productivos y comunitarios.

- **Energía y desarrollo**

La energía es un requisito previo para el desarrollo económico. La prosperidad que trae el desarrollo económico, a su vez, estimula la demanda de más y mejores servicios de energía de calidad. Muchos países han establecido un círculo virtuoso de mejoras en la infraestructura energética y el crecimiento económico.

Desarrollo rural sostenible: Acciones e iniciativas llevadas a cabo para mejorar la calidad de vida y al bienestar social, por medio de la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Necesidades básicas de subsistencia: Hace referencia a todas aquellas necesidades que contribuyen de manera directa o indirecta en la supervivencia de una persona, y por lo tanto deben ser foco prioritario en cualquier escenario.

Consumo básico de subsistencia: Es la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer las necesidades básicas que solamente puedan ser satisfechas mediante esta forma de energía final. Según la Agencia Internacional de Energía este consumo debe estar en un rango de 50kWh y 100kWh por persona, por año.

Desarrollo productivo: Estrategias enfocadas a potencializar el desarrollo económico de un sistema, respondiendo así necesidades para proveer un bienestar económico y social.

Usos productivos de la electricidad: Es todo uso de la electricidad que mejore la situación financiera del consumidor y o contribuya al desarrollo de la comunidad y la nación, teniendo en cuenta objetivos tanto de los individuos como de la sociedad en su conjunto. (Carrasco, 2014)

- **Eficiencia energética**

Referida a la demanda o eficiencia energética del uso final se refiere a la proporción de la cantidad de uso de energía para la satisfacción de las necesidades personales y otros usos. (UPME, 2015)

Integración de FNCE Colombia

En Colombia debido a la necesidad de reducir la dependencia en combustibles importados, a la presión de atender incrementos en la demanda, y a los requerimientos para la expansión de la cobertura, se ha dinamizado una tendencia relacionada con la reducción de costos y la mitigación de riesgos asociadas con las FNCE. Esto sumado a las experiencias exitosas y desarrollos técnicos alcanzados internacionalmente, y a la gestión local de proyectos y prospectos novedosos para el contexto colombiano, ha impulsado la adopción de estrategias para el desarrollo de las FNCE en Colombia.

- **Sistemas de generación de energía eléctrica:**

Son los encargados de transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, nuclear, solar, etc.) en energía eléctrica para su uso y aprovechamiento. Existen dos tipos de sistemas de generación que se presentan a continuación:

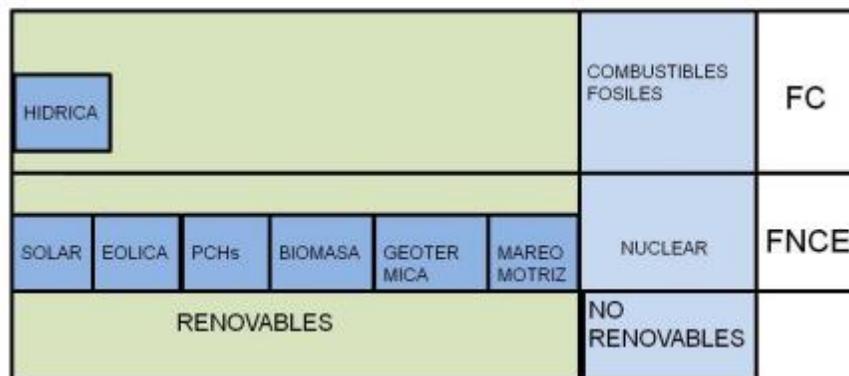


Figura 1. Esquema de diferentes sistemas de generación de energía
Fuente: Corpoema C.E, 2010

Generación Centralizada: Se refiere al sistema de generación que distribuye a través de la red eléctrica a múltiples usuarios finales y está constituido por grandes centrales de generación como plantas de energía alimentadas con combustibles fósiles, plantas de energía nuclear, represas hidroeléctricas, parques eólicos, entre otros.

Sistemas de generación distribuida: Consiste en la generación de energía eléctrica mediante la agrupación de pequeñas fuentes de generación instaladas cerca del consumo, este modelo acerca la generación al consumidor, por esta razón supone una mejora ambiental y energética ya que se disminuyen las pérdidas en el transporte; la eficiencia del sistema de generación distribuida disminuye también los costos económicos, favorece el desarrollo de las energías renovables y mejora el servicio en las zonas rurales. (ENDESA, s.f.).

▪ Costos

Costo nivelado de energía (LCOE): Costo nivelado de generación de electricidad durante el tiempo de vida del proyecto.

$$LCOE = \frac{\sum_t^n = 1 \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_t^n = 1 \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

I_t	Inversión por año
M_t	Operación y mantenimiento por año
E_t	Generación de electricidad por año
r	Tasa de descuento
n	Vida económica del sistema

Costo presente neto: Es el valor presente de todos los costos en los que incurre el sistema durante su vida útil, menos el valor presente de todos los ingresos que gana durante su vida útil. Los costos incluyen costos de capital, costos de reemplazo, costos de operación y mantenimiento, costos de combustible. Los ingresos incluyen el valor de salvamentos y los ingresos provenientes de las ventas en red. (HOMER, 2016).

2.2. Marco normativo

El estado colombiano posee Fondos de Apoyo Financieros para contribuir a la universalización del acceso a los servicios públicos básicos como los son la energía eléctrica y el gas debido a que muchas zonas del territorio colombiano no tienen acceso a dichos servicios. (UPME, 2013)

FAZNI: El fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas tiene como objetivo financiar los planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética para las ZNI, este fondo prioriza los proyectos para instalación de nueva infraestructura eléctrica y para reposición o mantenimiento de la infraestructura existente, con el propósito de ampliar la cobertura y buscar satisfacer la demanda de energía en ZNI.

FOES: El fondo de energía social es un sistema especial de cuentas que tiene como objetivo cubrir hasta 46 \$/kWh de energía eléctrica de los usuarios ubicados en zonas de difícil gestión, áreas rurales de menor desarrollo y en zonas subnormales definidas por el Gobierno Nacional.

FSSRI: El fondo de solidaridad para subsidios y redistribución de ingreso cumple la función de administrar y distribuir los recursos asignados del Presupuesto Nacional

destinados a cubrir los subsidios del servicio público de energía eléctrica a los usuarios de menores ingresos y a los usuarios ubicados en las ZNI.

FENOGE: El fondo de energías renovables y gestión eficiente de la energía el cual promoverá el desarrollo de soluciones híbridas que combinen fuentes locales de generación de energía eléctrica con fuentes fósiles y minimicen el tiempo de funcionamiento de los equipos con fuentes fósiles. Se dará prioridad a los proyectos que estén incorporados dentro de los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS).

SGR: El sistema general de regalías dispone de fondos para la construcción, ampliación, optimización, rehabilitación, montaje, instalación y puesta en funcionamiento de la infraestructura eléctrica para generación de energía eléctrica en ZNI.

Así mismo se cuenta con leyes, decretos o resoluciones emitidas por la CREG o el MME, donde se promueve y se regula los aspectos relacionados con las ZNI. (UPME, s.f.)

Tabla 1. Resumen de normativa para ZNI

Leyes, decretos o resoluciones	Asunto	Aportes para el proyecto
Ley 1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	-Sustitución de generación con diésel en las ZNI, con el objetivo de reducir los costos de prestación de servicio y las emisiones de gases contaminantes. -Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable.
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	-Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad tecnológica, ambiental y económica.
Ley 855 de 2003	Por la cual se definen las Zonas no Interconectadas	-Definición de las Zonas No Interconectadas

Decreto 1124 de 2008	Por la cual se reglamenta el Fondo de Apoyo Financiero para la energización de las Zonas No Interconectadas - FAZNI	-Faculta para asignar los recursos del FAZNI a los planes, programas y proyectos para la implementación de infraestructura requerida para la prestación del servicio de energía eléctrica en las ZNI.
Decreto 257 de 2004	Por el cual se modifica la estructura del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, IPSE.	-Se establece que el IPSE es exclusivo para las ZNI y que procurará satisfacer las necesidades energéticas de dicha zona. -Se determina objeto y funciones del IPSE, se resalta las funciones de: a) Ejecutar los lineamientos y las políticas del Ministerio de Minas y Energía, a través de los planes, programas y proyectos de infraestructura energética, tendientes a incentivar los procesos productivos y a elevar la calidad de vida de las poblaciones de su jurisdicción, de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible. b) Adelantar investigaciones, estudios y análisis que permitan realizar un diagnóstico de las necesidades energéticas de las regiones que constituyen las zonas no interconectadas en el país.
Resolución CREG 057 de 2009	Por la cual se actualizan los costos de inversión de las actividades de generación y distribución de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas contenidos en la Resolución CREG 091 de 2007.	Se actualiza los costos de inversión utilizados para remunerar las actividades de generación y distribución de energía eléctrica, a partir de generadores diésel, hídrico y sistemas fotovoltaicos.
CREG 355 de 2004	Por la cual se modifica el consumo de subsistencia del servicio de energía eléctrica.	Se establece el Consumo de Subsistencia en 173 kWh-mes para alturas inferiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar, y en 130 kWh-mes para alturas iguales o superiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar.
Resolución CREG 091 de 2007	Por la cual se establecen las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y	-Se define la metodología de cálculo para la remuneración de actividades de generación (Diésel, hidroeléctricas y sistemas fotovoltaicos)

	comercialización de energía eléctrica, y las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas	-Se determina el componente de remuneración de costos de inversión y mantenimiento por tecnologías de generación.
Resolución MME 180648 de 2008	Por la cual se adiciona la resolución 182138 de diciembre 26 de 2007, por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las Zonas no Interconectadas	-Se determina las condiciones para el cálculo de los subsidios totales del sector eléctrico para las ZNI teniendo como referencia la estratificación de los usuarios de las localidades y la diferencia existente entre el costo de prestación de servicio aprobado por la CREG. -Se establece que los subsidios asignados a los usuarios no podrán exceder el valor de los consumos básicos o de subsistencia.

2.3. Métodos y técnicas

PERS

Los Planes de Energización Rural Sostenible denominados PERS, son planes estructurados a partir de un análisis de los elementos regionales relevantes en materia de emprendimiento, productividad y energización rural que permiten identificar, formular y estructurar lineamientos y estrategias de desarrollo energético rural así como proyectos integrales y sostenibles de suministro y aprovechamiento de energía para un período de mínimo 15 años, donde no solamente su objeto sea proveer el servicio, sino que apoyen el crecimiento y el desarrollo de las comunidades rurales de las regiones objetivo. (UPME, s.f.)

ViPOR

Análisis de dispersión de cargas, soportado con la herramienta computacional creada por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de estados unidos, ViPOR, la cual permite diseñar sistemas de electrificación y determinar la combinación de menor Costo entre una configuración de generación centralizada o aislada.

HOMER Energy

Modelo de diseño de sistemas de generación de HOMER Energy, el cual permite desarrollar simulaciones de escenarios de electrificación en los cuales se llevan a

cabo análisis de sensibilidad, de tal manera que se optimice el sistema a partir de criterios económicos y técnicos considerando un amplio rango de tecnologías en función de la disponibilidad de recursos aprovechables en la zona de estudio.

2.4. Antecedentes

En Colombia según el informe de cobertura eléctrica del SIEL , aproximadamente 425.000 usuarios o 2'000.000 de personas no cuentan con servicio de energía eléctrica, por esta razón el plan indicativo de expansión de cobertura eléctrica (UPME, 2014) desarrolla proyectos de energización, que en su mayoría consisten en generación con plantas diésel. Sin embargo, la población que tiene acceso a estas soluciones, aún no cuenta con servicio confiable y accesible, lo que evidencia que la metodología de evaluación de proyectos se basa en criterios económicos dejando a un lado los técnicos, sociales y ambientales.

A pesar de que las metas del programa de energización en ZNI están encaminadas a la mejora en la calidad y horas de prestación del servicio de energía eléctrica para las diferentes localidades, uno de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo es “lograr un dinamismo económico que permita el desarrollo sostenible, disminuya la pobreza y aumente la prosperidad para todos”, especialmente para la población vulnerable, como es el caso de la mayoría de las poblaciones pertenecientes a las ZNI; por esta razón se están desarrollando programas como los planes de energización rural sostenible, con una amplia gama de proyecto como:

Tabla 2. Antecedentes de proyectos realizados en la zona

UBICACION	DESCRIPCION	POTENCIA PICO INSTALADA
Flor del paraíso	Implementación de sistema híbrido 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	Fotovoltaico: 2,9 kW Eólico: 5 kW
Watchuari	Suministro e Instalación de sistemas fotovoltaicos en Instituciones Educativas Oficiales Proyecto Luces para Aprender	1,4 kWp
Manaure, Comunidad Indígena de Ceura	Sistema Fotovoltaico autónomo, para Iluminación, Cargador de celulares, televisor	360 Wp
Manaure, Centro Etnoeducativo Rural Comunidad de Orrokot	Sistema Fotovoltaico autónomo, para Iluminación, Cargador de celulares, televisor	360 Wp

Manaure, Hogar Infantil Comunidad de Balermana	Sistema Fotovoltaico autónomo, para Iluminación, Cargador de celulares, televisor	725 Wp
Manaure, Hogar Infantil Comunidad Tapua	Sistema fotovoltaico autónomo para iluminación, nevera portátil, minicomponente, cargador de celulares, televisor.	725 Wp
Manaure, Hogar Infantil Comunidad de Alapen		725 Wp
Manaure, Hogar Infantil Comunidad de Alapen		725 Wp

Sin embargo, estos programas aún siguen semaforizando los proyectos por medio de factores financieros (UPME, 2015) y concentrándose en el desarrollo de tecnologías y gestión de subsidios en lugar de promover las capacidades endógenas, y el aprovechamiento de recursos renovables para garantizar un desarrollo sostenible de la región y del proyecto.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

Este capítulo describe la metodología usada para el desarrollo de este trabajo. La investigación que se llevó a cabo fue de tipo descriptivo bajo el enfoque mixto. Se planteó el problema de investigación y se tomó como unidad de análisis la comunidad de Majayutpana. Las personas que conformaron la muestra fueron elegidas de manera aleatoria. Para la recolección de información se aplicaron los métodos de la entrevista en profundidad, revisión documental y la observación. Finalmente, se realizó el análisis a través del método de triangulación de la información que sirvió para seleccionar los elementos clave que son expuestos como producto de la investigación.

Esta investigación se diseñó bajo el marco de la investigación mixta. Para su desarrollo se han tenido en cuenta elementos cualitativos derivados de la interacción con la comunidad y elementos cuantitativos derivados del análisis de los datos realizado con el apoyo de software de simulación.

La Figura 2 presenta las fases que conforman la metodología usada en esta investigación.



Figura 2. Fases de la investigación

Para la obtención de los resultados derivados de los objetivos se realizaron las siguientes actividades:

Tabla 3. Estructura de desarrollo del proyecto

Objetivo	Actividades	Producto
Determinar la demanda para usos domésticos y productivos de la zona, considerando acciones de eficiencia energética del sistema actual.	Ver Secciones 4.3 - 4.4 - 4.5	Caracterización de la Demanda
Identificar la disponibilidad y respectivo potencial de recursos aprovechables para la generación de energía en la ZNI seleccionada	Ver Secciones 4.6	Caracterización de la oferta
Dimensionar el sistema de suministro energético de la demanda requerida en la ZNI a partir de por lo menos 2 fuentes alternativas de energía, seleccionadas por medio de una simulación en el software HOMER Energy.	Ver Secciones 4.7	Dimensionamiento del Sistema de Suministro
Evaluar la mejor alternativa de suministro energético, considerando configuración de generación centralizada o individual.	Ver Secciones 4.8	Evaluación de las alternativas de suministro energético

Desarrollar una metodología de energización sostenible para zonas no interconectadas de Colombia bajo criterios de eficiencia energética y usos productivos en la demanda.	En el capítulo 4, se describe la metodología propuesta y en el capítulo 5 se describe la forma en que se aplicó la metodología.	Metodología Propuesta
--	---	-----------------------

4. PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE

En este capítulo se describe la metodología de energización rural propuesta que busca brindar una solución sostenible de suministro de energía.



Figura 3. Diagrama de la metodología propuesta

En primer lugar se tiene como punto de partida un levantamiento de información primaria y secundaria para caracterizar la zona de aplicación desde un contexto general del sistema por medio de análisis documental de la región; y un contexto específico por medio de la interacción con la población a beneficiar, de tal modo que se pueda construir una caracterización de la demanda a partir de la identificación de necesidades básicas de subsistencia y de desarrollo productivo a satisfacer teniendo en cuenta criterios de eficiencia energética, de manera simultánea se requiere la caracterización de la oferta energética para determinar las características del sistema de suministro y su configuración.

4.1. Levantamiento de información primaria y secundaria

Para un correcto diseño del sistema de suministro de energía, es indispensable recopilar información primaria y secundaria, proveniente de investigación in situ, y análisis documental de fuentes como lo son: el IPSE, proyectos desarrollados dentro

del marco de los PERS, POT y planes de desarrollo de la zona en estudio. De este modo el diseño estará orientado a las necesidades de la comunidad y la situación real del sistema.

4.1.1. Información demográfica

Consiste en obtener información geográfica, social, económica y cultural de la zona de estudio, con el fin de tener un primer acercamiento a las condiciones y necesidades del sistema a analizar. Se debe garantizar el acceso a información relacionada con:

- Contexto geográfico
- Habitantes
- Número medio de personas por vivienda
- Principales actividades económicas
- Organización social

4.1.2. Información energética

Tiene como objetivo conocer las condiciones del servicio, sistemas de generación de energía, indicadores energéticos, limitantes del sistema y hábitos de consumo actuales, de tal forma que se tenga como resultado un detalle técnico con las variables indispensables para llevar a cabo una correcta caracterización energética, como lo son:

- Distancia a la red de distribución
- Fuentes energéticas existentes
- Elementos comunes de consumo eléctrico
- Información de hábitos de consumo
- Referencias de consumo energético de poblaciones en similares condiciones
- Estado de eficiencia energética

4.2. Caracterización de la Zona

Para elaborar un estudio de caracterización integral y sostenible que responda a las necesidades, se debe caracterizar un radio de trabajo que contenga el análisis de las variables técnicas, sociales, económicas, culturales y ambientales identificadas en los límites específicos de acción, así mismo es importante tomar como base escenarios de segmentación para la distribución física de la solución.

4.3. Identificación de necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo productivo a satisfacer

El acceso a la energía consiste en disponibilidad física de servicios modernos de energía para satisfacer las necesidades básicas humanas (cocción, calefacción, iluminación, comunicación, entre otras) y para fines productivos a costos asequibles para la población por medio de servicios confiables y eficientes. (Naciones Unidas, s.f.)

Este acceso ofrece grandes beneficios para el desarrollo, por esto se debe realizar una semaforización de las necesidades y proyectos a tecnificar, respaldando este proceso por medio del análisis de documentos de la región, y por la interacción con la comunidad de tal manera que se identifiquen los proyectos que requieren una gestión prioritaria y los criterios fundamentales requeridos.

También es importante considerar la cohesión territorial para delimitar aquellos proyectos que son de uso colectivo e individual, promoviendo inclusión productiva y social, para alcanzar objetivos de desarrollo de la colectividad definidos dentro del marco de los planes de desarrollo de la región o de los estipulados por la comunidad.

4.4. Identificación de oportunidades de eficiencia energética

La eficiencia energética es considerada como un mecanismo para asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de tecnologías y hábitos de consumo, que permitan optimizar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles, siendo así un vehículo que impulsa la productividad y la competitividad, además de ser una de las principales estrategias de mitigación de impactos ambientales en la cadena energética.

Es por esto que se deben plantear acciones a partir de la información energética de la zona, de tal manera que se puedan atender las necesidades de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible, abarcado desde elementos de infraestructura por medio de arquitectura pasiva, hasta aspectos de operación y gestión de la demanda por medio de hábitos de consumo, así como selección de tecnologías eficientes.

Para esta etapa es fundamental garantizar que las oportunidades de eficiencia energética identificadas puedan permitir la adaptabilidad en relación a los hábitos culturales, y a las condiciones del sitio.

4.5. Caracterización de la demanda

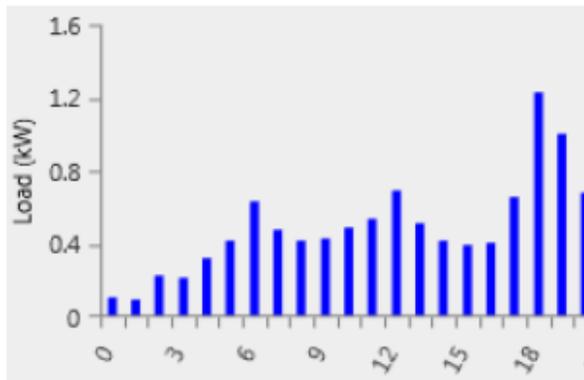
La demanda energética representa un elemento fundamental en el diseño de la solución a desarrollar, es por esto que se deben definir escenarios de consumo diario, y mensual correspondientes a las necesidades básicas de subsistencia y productivas a satisfacer.

Esta caracterización se debe hacer en base a una estimación de consumo; en caso de no existir uno actual. De tratarse de un sistema que cuenta con servicio de energía, pero con un comportamiento de consumo no definido, es pertinente acudir a los perfiles de las curvas de carga típicas en condiciones similares.

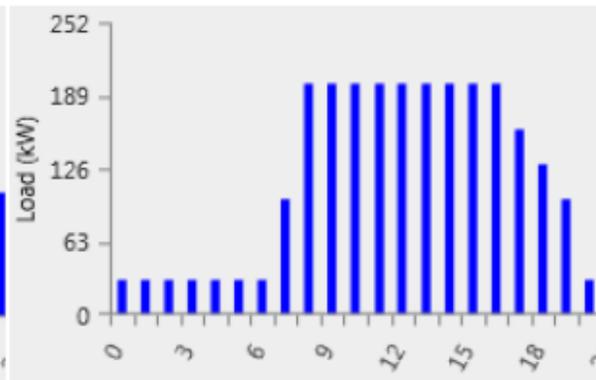
4.5.1. Tipos de carga

En este apartado se debe definir el tipo de carga de los escenarios planteados en la caracterización. En la Figura 4 se presentan gráficamente perfiles típicos correspondientes a cada tipo de carga.

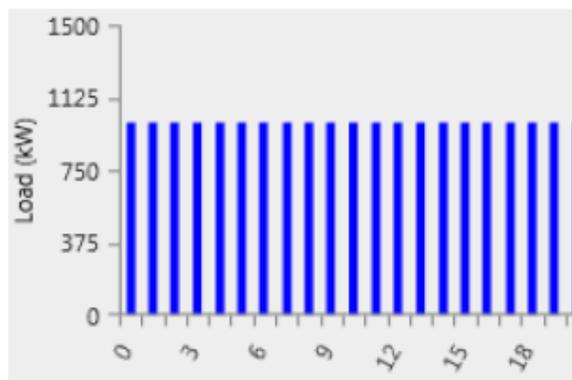
Residencial



Commercial



Industrial



Community

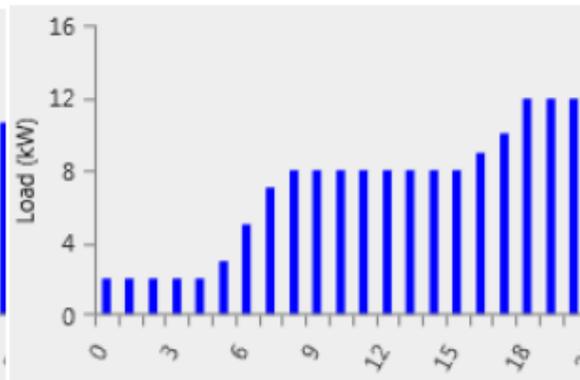


Figura 4. Perfiles de carga típicos

Para el tipo de carga residencial se puede apreciar que hay tres picos marcados en las horas de la mañana, mediodía y el máximo pico en la noche. Por lo contrario, el perfil de carga de una comunidad posee una forma similar al perfil residencial, sin embargo, sus picos y valles son menos pronunciados debido a la agregación de cargas. (Jardini, 2000)

El perfil de carga para usuario comercial se caracteriza por tener un consumo de energía constante a lo largo del día, en las horas de la noche y madrugada su consumo mínimo.

4.5.2. Estimación de consumo

Como se ha propuesto, de acuerdo al estado actual de la comunidad a intervenir se presentan dos opciones en el momento de llevar a cabo la estimación del consumo energético del proyecto.

Perfil de carga de referencia:

Para obtener un perfil de carga de referencia se puede acceder a información de una población cercana que cuente con un sistema de generación y hábitos de consumo similares. Esta información corresponde a los perfiles de carga típicos proporcionados por la CREG o en normas técnicas como la (ESSA), para cálculo y diseño de sistemas de distribución.

Perfil de carga propuesto:

En caso de no tener un perfil de consumo de referencia, se debe realizar la estimación de las cargas asociadas al proyecto y de los hábitos de consumo, en función de las necesidades identificadas y las características socio-económicas del entorno de aplicación; incorporando dentro de la propuesta criterios de eficiencia energética identificados en la sección 4.4. En caso de tratarse de la demanda de un conjunto de usuarios, es necesario considerar factores de simultaneidad.

4.5.3. Demanda diaria

Consiste en el cálculo de la energía que el usuario requiere diariamente, la cual viene dada por el producto entre la potencia nominal de cada una de las cargas P_i [kW] y su respectivo tiempo medio de uso al día t_{di} [h].

$$L_{md} = \sum P_i \times t_{di} \quad [kWh]$$

Con el cálculo de la demanda diaria, se debe establecer la tensión nominal de funcionamiento de la instalación, en general se recomienda:

Tabla 4. Tensión nominal de la instalación

12 V	Potencias menores de 1,5 kW
24 V	Potencias entre 1,5kW y 5kW
48 V o 120 V	Potencias superiores a 5 kW

Fuente: NTC 1340 (ICONTEC, 2004)

Es de vital importancia asegurarse que la demanda diaria esté dentro de los parámetros establecidos del consumo básico de subsistencia

4.6. Caracterización de la oferta

La oferta energética de la zona es fundamental para la estructura de la solución técnica a desarrollar de tal manera que se lleve a cabo un análisis que integre del modo más favorable los altos potenciales de cada recurso, priorizando el uso de energías limpias, pero considerando fuentes convencionales en caso de que estas representen un incremento en la fiabilidad del servicio o en la viabilidad del proyecto.

Para este proceso de caracterización existen herramientas que integran georreferenciación y análisis de datos relacionados con potencial energético como la NASA, de tal manera que se pueda corroborar con los datos obtenidos por fundamentación teórica o investigación in situ además de facilitar la migración de los datos requeridos en el diseño del sistema de generación.

A continuación, se presenta los fundamentos teóricos requeridos para realizar el cálculo del potencial energético de los recursos que comúnmente son más favorables en las zonas aisladas basado en los antecedentes de proyectos de este tipo.

4.6.1. Potencial de fuentes alternativas

Potencial Solar

La producción de energía solar está en función de la radiación solar incidente en el lugar de emplazamiento, denominado irradiancia, la cual corresponde a la potencia instantánea de la radiación solar recibida por unidad de superficie, expresada así:

$$I = \frac{P_{inc}}{A} [W/m^2]^1$$

De la cual al integrarse se obtiene la irradiación, dada por:

$$H = \int_0^t I * dt [Wh/m^2]$$

¹ SOLAR H Martinez,2016 Energias Renovables



Figura 5. Curva de irradiancia

Por otra parte para obtener un criterio de viabilidad del potencial energético del recurso solar se acude al cálculo de las horas efectivas de sol u horas solares pico (HSP), las cual se definen como el tiempo en horas que debería haber una irradiancia hipotética de 1000 w/m^2 para igualar la energía diaria incidente.

En la Figura 6 se representa el efecto equivalente de las HSP, en dónde el área de la curva en ambos casos tienen el mismo valor matemático ya que representa la misma cantidad de energía incidente en 1 m^2 .

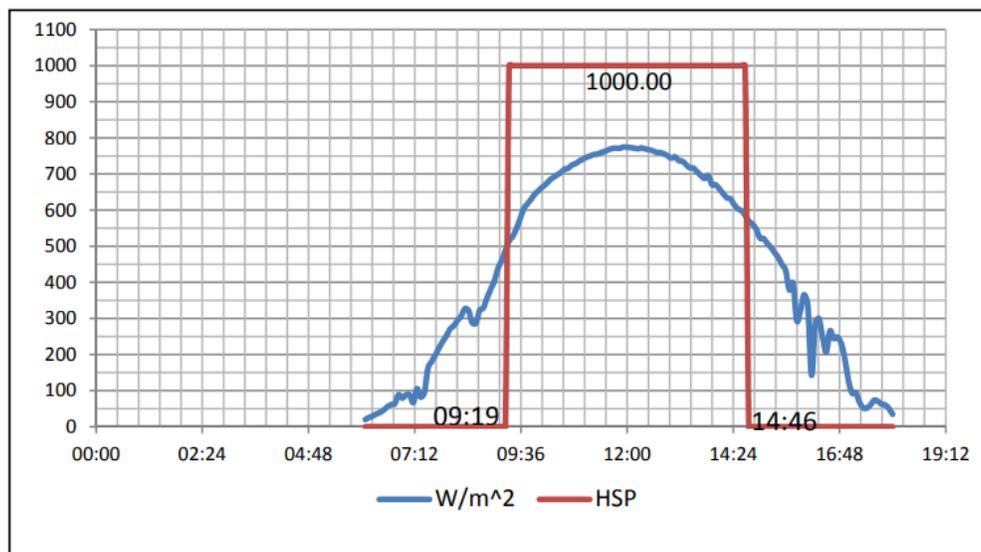


Figura 6. Distribución horaria de la irradiancia solar en un caso real y otro hipotético
Fuente: (Hernández, 2001)

Finalmente, el representar el potencial en HPS, hace más fácil el determinar la energía generada por un arreglo fotovoltaico en vista de que la potencia nominal de los paneles viene especificada sobre la base de una irradiancia de 1000 w/m^2 dada por:

$$E_{mod} = n_{mod} * I_{mp} * HSP(\alpha)$$

Siendo:

- E_{mod} : Energía proporcionada por un panel (Ah/día)
- n_{mod} Rendimiento del panel
- I_{mp} Corriente en el punto de máxima potencia (A)

HSP (α): Horas solares pico en h, para una inclinación α del panel

Potencial eólico

El potencial del recurso eólico para generación, está en función de la velocidad media del viento, sin embargo, debido a su variabilidad, esta información no es suficiente, ya que con un mismo valor de velocidad un lugar puede ser excelente o deficiente para generación, es por esto que se debe conocer la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los datos, teniendo como resultado la siguiente expresión de velocidad promedio del viento para un periodo de tiempo t:

$$\bar{V} = \frac{\sum_I^N Vi}{N}$$

La anterior expresión es empleada para determinar la potencialidad del recurso por medio de la densidad de potencia, que corresponde a la potencia media por unidad de área, o potencia media específica.

$$\frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} * \rho * \frac{1}{N} * [\sum_I^N Vi^3]$$

Además, otro factor que influye en la velocidad es la altura, lo que supone que la densidad de potencia aumenta a medida que la altura lo hace.

Siendo:

- P/A : Potencial eólico específico
- ρ : Densidad del aire a la altura de estudio
- Vi : Velocidad del viento promedio horaria
- N : Número de horas evaluadas

Posteriormente, para dar un tratamiento acorde a la variabilidad de esta magnitud, se utiliza la función de probabilidad de Weibull, la cual cumple la función de ajuste de datos, y está dada por:

$$f(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad \text{Para } v \geq 0$$

Siendo:

- $f(v)$: Probabilidad para una determinada v
- v : Velocidad del viento considerada
- k : Parámetro de forma de la función
- C : Parámetro de escala

Finalmente, para obtener la densidad de potencia eólica específica ajustada se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} * \rho * (P(w)) * [\sum_i^N V_i^3]^2$$

De tal manera que la sumatoria de cada intervalo de velocidades será la densidad de potencia eólica teórica.

Biomasa

Para evaluar el posible aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía no solo se debe garantizar un potencial de generación de residuos, sino que es fundamental realizar una caracterización que permita identificar parámetros y condiciones imprescindibles como lo son:

- El tipo de biomasa ya que sus diferentes estados físicos determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo en particular.
- La composición química y física, la cual determina el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar e influyen en los tipos de tratamientos previos.
- El contenido de humedad, es decir la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca, esto es importante ya que dependiendo de esta relación se deben considerar operaciones de acondicionamiento para el proceso de conversión de energía.
- Porcentaje de ceniza, que representa un indicador de la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de materia.
- Poder Calorífico, ya que es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa y está relacionado además con su contenido de humedad, ya que una elevada proporción de esta reduce la eficiencia de la combustión ya que gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua.
- Densidad aparente, siendo esta el peso por unidad de volumen del material en su estado físico, bajo condiciones dadas, y es importante determinar s ya que por un lado los combustibles con alta densidad aparente favorecen la

² Cusarúa, A. A., & Quiroga, J. V. (2013). Estudio del potencial de generación de energía eólica en la zona del páramo de Chontales, municipios de Paipa y Sotaquirá, departamento de Boyacá a 3534 msnm. *Revista Avances: Investigación en Ingeniería*, 10(2)

relación de energía por unidad de volumen, de tal modo que se requieren menores tamaños de los equipos y se aumentan los periodos entre cargas; por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte.

Es así como se pueden seleccionar los tipos de biomasa aprovechable y obtener el potencial energético dado por:

$$E_{av} = B_{av} * LHV^3$$

Donde:

B_{av}: Biomasa disponible en ton/año

LHV: Poder calorífico en MJ/kg

Y aplicando el coeficiente de conversión y la eficiencia de conversión se obtiene la producción anual de la siguiente manera:

$$E_e = E_{av} * \eta_c * \eta_e$$

Finalmente, las condiciones para la recolección, acopio, transporte y manejo en planta son factores influyentes en la evaluación del proyecto, ya que son determinantes en la estructura de costos de inversión y operación.

Fuentes convencionales

De manera general el potencial de fuentes convencionales viene condicionado por la disponibilidad de materias primas de generación, sus características físicas, químicas y sus costos asociados. En ZNI se pueden considerar para apoyo a la generación dando prioridad a generación por fuentes de energías renovables y se debe limitar el consumo de combustibles convencionales.

4.7. Simulación del sistema de suministro energético

El estudio del sistema de suministro consiste en conocer el mix energético óptimo; se puede acudir a diversas herramientas computacionales, las cuales se seleccionan de acuerdo a las condiciones preliminares del proyecto en estudio, obtenidas en los ítems anteriores. En esta metodología se sugieren herramientas altamente citadas en literatura técnica, tales como HOMER Energy, el cual permite realizar análisis técnicos del componente generación de energía y además brinda los costos asociados al proyecto durante su tiempo de vida. A continuación, se realiza un análisis comparativo de diferentes softwares con sus criterios de trabajo y alcances:

³ De Kuyper, J. C. V. (2014). Fuentes de energía renovables y no renovables. Aplicaciones. *Revista EAN*, (77), 216-218.

Tabla 5. Comparativo de software de análisis de sistemas de generación de energía.

Característica	HYPORA	HOMER Energy	Hybrid2	ViPOR
Tipos de Energía	Eólica, solar, biomasa	Eólica, PV, hidráulica, almacenamiento, celdas de combustible, sistemas diésel, biomasa	Eólica, PV, diésel, almacenamiento	Sistemas de generación centralizados y aislados
Precios definidos por el usuario	Si	Si	Si	Integrado con HOMER Energy
Escala de generación	Diseñado para sistemas de pequeña escala	Sistemas de energía distribuida fuera de red o conectados	Amplia gama de tamaños	Electrificación rural
Energía mínima especificada por el usuario	% Total de carga o mínimo	Carga especificada	Carga especificada	Demandas eléctricas esperadas
Carga definida por el usuario	Si, cada hora	Si, cada hora	Si, cada hora	Si, también información del terreno y plantas de generación existentes
Optimiza por costo	Si	Si	Proporciona análisis económico	Si
Optimiza por ajuste de perfil de carga	Si	No	Proporciona análisis del sistema dado, no optimiza	Si
Análisis automático de los datos	Si, el usuario debe descargar datos primero	Si, promedio anual o datos de fuentes	Utiliza datos por hora que el usuario debe importar	Tiene en cuenta las condiciones del terreno

Fuente: (Ranjevaa, 2012)

De acuerdo al análisis comparativo se puede observar que para llevar a cabo un estudio integral y práctico HOMER Energy es una alternativa simplificada que permite usar numerosas fuentes de energía, definir la carga por horas, realiza un proceso de optimización y sensibilización imprescindible para un análisis completo y detallado.

4.7.1. Escenarios de suministro

En esta sección se deben plantear los escenarios de energización propuestos, de tal manera que se pueda exportar resultados asociados a escenarios de energización aislada y escenarios de generación centralizada teniendo en cuenta el tipo de carga y la demanda diaria de energía.

4.7.2. Simulación Mix energético

Para realizar el estudio del mix energético es necesario analizar cada uno de los potenciales de generación de energía especificada para la zona; se tendrán en cuenta los potenciales de energías renovables como lo son la energía eólica, solar fotovoltaica, biomasa, pequeñas centrales hidráulicas y como última instancia evaluar la posibilidad de integración de fuentes convencionales en caso de que los criterios socio-económicos o ambientales contenidos en la caracterización lo requieran.

La información fundamental para la simulación del sistema de suministro, está relacionada con los perfiles de la demanda, potencial de recursos aprovechables de la zona, los componentes y los costos asociados por tecnología.

4.7.3. Sensibilización y Optimización

Realizar un proceso de sensibilización y optimización permite evaluar la viabilidad de la solución en función de la variación de parámetros de interés; de este proceso se tiene como resultado el mix energético. Normalmente este análisis está enfocado en el costo nivelado de energía (COE) que determina cual es la configuración que produce la energía eléctrica al precio más económico, además involucra los costos generales del proyecto como lo son el capital inicial, costo de operación y mantenimiento, costo de operación y costos de combustibles.

4.8. Configuración del sistema de suministro

En esta etapa se debe determinar la configuración del sistema de suministro de energía, teniendo en cuenta la dispersión de las viviendas por medio de los datos obtenidos en la anterior sección, para esto se puede hacer uso de herramientas ofimáticas como Microsoft Excel, en la cual por medio de un análisis de costos por

configuración se obtiene la opción más económica, en donde se tengan escenarios de costos para generación centralizada, o sistemas aislados por viviendas.

Así mismo se sugiere el uso de herramientas como ViPOR, que brinda un análisis exhausto por medio de su método de optimización para determinar la mejor opción del sistema de suministro de energía.

4.8.1. Alternativas de suministro

Se debe realizar un estudio que permite determinar la configuración del sistema de suministro de energía, es por esto que se propone analizar las cargas que utilizan una fuente de generación centralizada para cumplir con la demanda de una comunidad o utilizan una fuente de generación individual para cumplir con sus necesidades.

En este paso se debe tener en cuenta los costos del mix energético arrojado en el numeral 4.7 ya que el análisis de la configuración del sistema contempla los costos de generación y distribución.

4.8.2. Simulación de la configuración

Teniendo como base los costos de generación aislada y centralizada, se debe ubicar geográficamente los puntos de carga que están contemplados dentro del radio de acción, determinar la demanda que los usuarios probablemente van a consumir evaluando los aspectos de consumo de energía para usuarios Off-grid y On-grid y posteriormente determinar los costos asociados a la distribución como lo es el valor unitario de red de baja y media tensión, valor de transformadores, respectivos porcentajes de operación y mantenimiento al año, además de un parámetro fundamental que es la longitud máxima de red de baja tensión debido a que a bajas tensiones las pérdidas en la red son mayores debido al efecto Joule.

4.8.3. Sensibilización

Se puede analizar diferentes aspectos en el sistema de distribución, para determinar el comportamiento del sistema; sin embargo, un aspecto fundamental para el análisis de energización rural teniendo en cuenta la dispersión de los usuarios además de los costos de generación, es el costo de distribución para un sistema de generación centralizado.

Sin embargo, el análisis puede ser encaminado a la preferencia de los autores para estudiar los resultados en cuestión.

4.9. Análisis de resultados

La metodología para energización de ZNI que se propone en este trabajo agrupa una serie de etapas y actividades a tener en cuenta en proyectos de investigación que tengan dentro de su objetivo el identificar el proceso y diseño de ingeniería que sea más apropiado para proveer una solución de energización sostenible. Para su elaboración se tomaron referentes disponibles en la literatura sobre metodologías típicas y panorama actual de las zonas en cuestión.

5. APLICACIÓN DE METODOLOGIA DE ENERGIZACIÓN

Este capítulo describe la forma en que se validó la metodología de energización de ZNI propuesta. Para la realización de este trabajo se interactuó con la comunidad de Majayutpana; tomando un enfoque de investigación acción participativa, se pudo contrastar y complementar la propuesta a partir de los datos generados de la interacción, así como de los resultados de las simulaciones que se desarrollaron con dos softwares especializados.

5.1. Levantamiento de información primaria y secundaria

En este trabajo la recolección de datos primarios provenientes de trabajo de campo forma parte de la estrategia principal de acopio de información; representando la situación de manera concreta en la zona de intervención y acotada a las necesidades expresadas por la comunidad y por su autoridad indígena. Referente a la información secundaria recolectada de PERS Guajira, POT, plan municipal de desarrollo de Uribía, documentos de la UPME, históricos de mediciones meteorológicas de la NASA; brindan un panorama social, económico y energético de la región, permitiendo un análisis integral de las probables soluciones.

5.1.1. Información demográfica

Majayutpana se encuentra ubicada en el corregimiento de Jonjocito que pertenece al municipio de Uribía en la zona alta del departamento de La Guajira, cuenta con aproximadamente 270 personas agrupadas en 60 núcleos familiares que en su mayoría hacen parte de la etnia Wayuu. Su organización sociopolítica es de régimen especial caracterizada por un resguardo indígena por medio del cual poseen su territorio y se rigen para el manejo de este de manera autónoma.

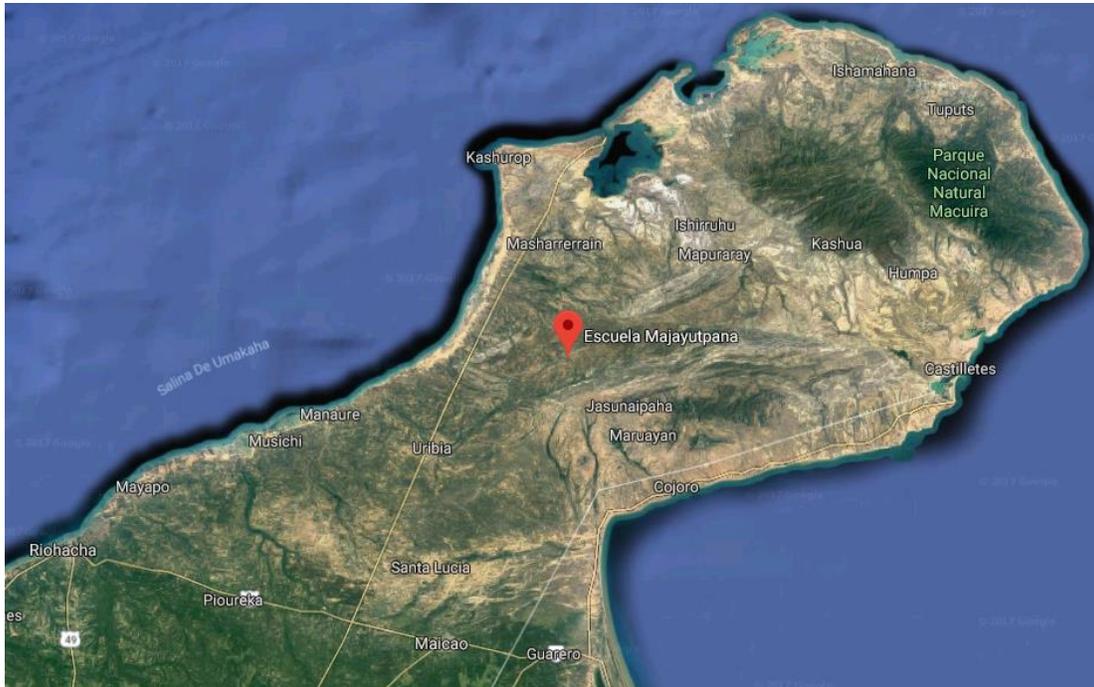


Figura 7. Ubicación geográfica de Majayutpana

Su economía se basa en la ganadería caprina, producción textil tradicional y producción de bebidas típicas fermentadas.



Figura 8. Ganadería caprina



Figura 9. Producción de artesanías tradicionales



Figura 10. Producción de bebidas fermentadas típicas

Sin embargo, las cifras proporcionadas por el DANE correspondientes a su desarrollo socioeconómico no son muy alentadoras ya que el 98,02% de la población rural en esta zona tiene necesidades básicas insatisfechas relacionadas con viviendas inadecuadas, viviendas sin servicios básicos, analfabetismo y pobreza extrema.

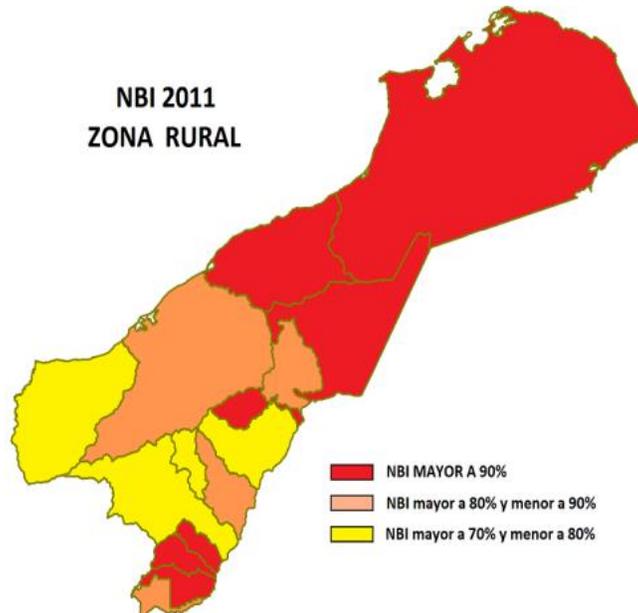


Figura 11. Necesidades básicas insatisfechas en zonas rurales de La Guajira.
Fuente: (DANE, 2005)

Finalmente, este panorama también obstaculiza la gestión y el desarrollo de proyectos productivos que pueden ayudar a mejorar los índices de calidad de vida.

5.1.2. Información energética

Actualmente el acceso de energía es deficiente y está basado únicamente en pequeñas fuentes generadoras que usan gasolina como combustible con un precio aproximado de 8.700 COP/galón. Para la operación de estas generadoras es necesario recorrer aproximadamente 40 kilómetros para obtener el combustible, la misma distancia en la que se encuentra la red de distribución de energía y el casco urbano más cercano.



Figura 12. Generador a gasolina de 2,5 kW

Por otra parte, el limitado número de viviendas que pueden acceder a este recurso, lo usan para cargar celulares, y para iluminación, por medio de tecnologías con bajos índices de desempeño energético, dejando un espectro de necesidades insatisfechas evidentes en la comunidad y en la región en general, como lo son:

- Acceso al agua.
- Centros de salud
- Cocción de alimentos.
- Infraestructura para el funcionamiento de centros educativos.
- Ventilación para confort térmico de neonatales.
- Refrigeración para conservación de alimentos, vacunas y para desarrollar actividades productivas.
- Iluminación básica para rendimiento escolar, y para seguridad en actividades nocturnas como desplazamiento.
- Necesidades básicas para servicios comunitarios como la información, entretenimiento y saneamiento básico.
- Disposición de residuos.

5.2. Caracterización de la Zona

Para el desarrollo de la metodología de energización rural sostenible se establece un radio base de 1,5 Km alrededor de la escuela de Majayutpana, ubicada en el municipio de Uribía de la Alta Guajira Colombiana, y de esta manera se plantea un escenario inicial con las rancherías incluidas dentro de este límite, las cuales representan el perfil de dispersión de las cargas eléctricas para obtener la simulación del sistema de suministro con el mix energético más favorable y así mismo llevar a cabo el análisis de sensibilidad para determinar la configuración que mejor se adapta a las condiciones dadas.

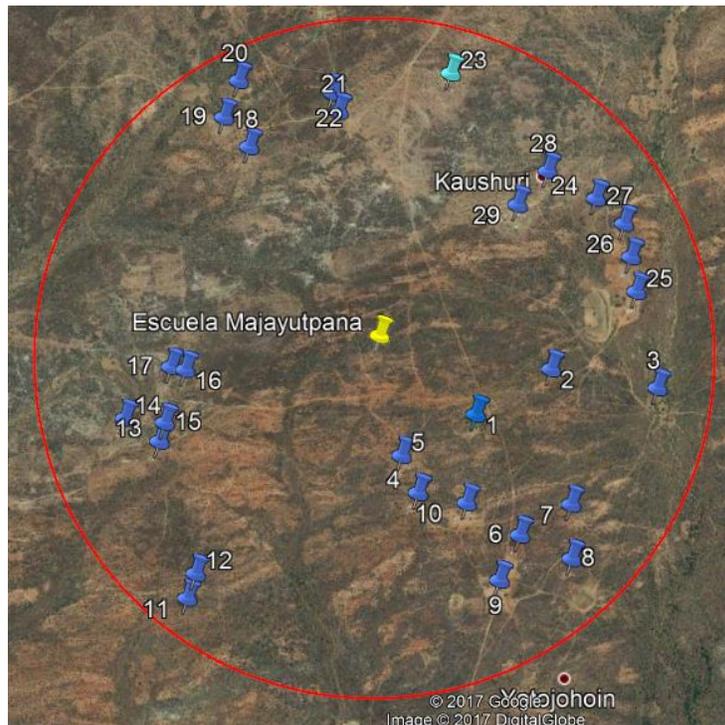


Figura 13. Georreferenciación de la zona de estudio.

Se identifica que hay 29 rancherías con un número aproximado de 135 viviendas, en su mayoría construidas con Yotojoro o una mezcla de barro y cemento. Por medio de las encuestas desarrolladas en el Plan de Energización Rural de la Guajira (PERS Guajira, 2016), se tiene que en promedio hay 5 personas por cada vivienda, por lo cual se obtiene un aproximado de 670 personas que pueden verse beneficiadas con el estudio y desarrollo de este proyecto.



Figura 14. Vivienda construida con Yotojoro



Figura 15. Vivienda construida con barro, cemento y tejas de eternit

Así mismo se plantea que la ubicación estratégica de la escuela de Majayutpana, sea el escenario de concentración de los proyectos productivos a tecnificar, ya que de esta manera la comunidad dentro del radio de trabajo, podrá tener un acceso central a todo los servicios y facilidades propuestas.



Figura 16. Escuela de Majayutpana – propuesta de localización del centro productivo

5.3. Identificación de necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo a satisfacer.

Por medio de consulta de documentos del PERS Guajira, interacción con la comunidad y la autoridad indígena de Majayutpana, se realiza la selección de los primeros proyectos a tecnificar mediante el suministro eléctrico relacionados con necesidad básicas de subsistencia, así como de los proyectos productivos, distribuidos espacialmente en el radio inicial de trabajo, dentro de escenarios de consumo, del siguiente modo:

Tabla 6. Distribución espacial de las necesidades básicas de subsistencia y oportunidades de desarrollo a satisfacer

<p>Unidades Residenciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Iluminación. ✓ Refrigeración para conservación de alimentos. ✓ Equipos para procesar alimentos y bebidas. ✓ Dispositivos de entretenimiento. ✓ Ventilación.
<p>Centro productivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Centro educativo: Iluminación, equipos, ventilación, conservación y procesamiento de alimentos. ✓ Puesto de Salud: Iluminación y refrigeración. ✓ Artesanías: Iluminación y apoyo tecnológico. ✓ Producción de lácteos y cárnicos: Iluminación y refrigeración.

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Producción de Chirrinchi: Iluminación, refrigeración y apoyo tecnológico. ✓ Punto Digital: Iluminación, ventilación y equipos ✓ Áreas comunes: Bombeo de agua, equipos de lavado, iluminación y apoyo tecnológico.
--	---

Fuente: (PERS Guajira, 2016)

5.4. Identificación de oportunidades de eficiencia energética

En primer lugar, se identifica la necesidad de migrar hacia tecnologías eficientes, tanto en los centros de consumo existentes relacionados con la iluminación, como en los centros de consumo futuros planteados en este proyecto, además se plantea priorizar el uso de energías alternativas, debido al difícil acceso para obtener combustibles.

Por otro lado, debido a que no existe un uso significativo de energía en la zona, junto con la comunidad se plantean actividades para hacer un uso eficiente de la energía a lo largo del ciclo de vida del proyecto, considerando la situación social, económica y ambiental de la zona. Esto implica compromiso con la comunidad respecto a una buena gestión de la demanda, por medio de acciones potenciales en cada centro de consumo como las presentadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Acciones propuestas de eficiencia energética

Centro de Consumo	Acción propuesta
Iluminación	Iluminación natural; tecnologías eficientes; distribución estratégica; mantenimiento regular.
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> -Ubicación apta para proceso de ventilación; distancia prudente con potenciales fuentes de calor; temperaturas entre 3 °C a 7 °C para neveras, -18 °C para congeladores. -Distribución propicia de los alimentos para permitir la circulación del aire frío. -Evitar pérdidas sustanciales de frío, y por lo tanto trabajo excesivo del compresor haciendo un correcto uso del equipo.

Entretenimiento	Programar ciclos de suspensión en tiempos de inactividad; hacer uso moderado del volumen e iluminación.
Confort térmico	Adecuar infraestructura de tal manera que se aproveche la ventilación natural, prevalecer el uso de ventiladores en lugar de aires acondicionados; en caso de optar por los segundo hacer un uso moderado de la temperatura y periodos de uso.
Lavado	Programar ciclos de lavado a plena carga, seleccionar mínima temperatura de lavado, dosificación adecuada de detergentes, centrifugado entre 1200 y 1500 r.p.m.

Adicionalmente el uso de equipos que cuenten con etiquetado energético garantizan ahorros sustanciales de dinero debido a mejores indicadores de eficiencia energética y ayudan a contribuir con la protección del medio ambiente.

5.5. Caracterización de la demanda

Basado en las necesidades de subsistencia y productivas a satisfacer se realiza la caracterización de la demanda de cada uno de los escenarios propuestos. Para esto se deben determinar aspectos correspondientes a los siguientes ítems.

5.5.1. Tipos de carga

Por un lado, se considera una carga *residencial* en la cual se encuentran cada uno de los componentes necesarios para satisfacer las necesidades básicas en una vivienda.

También se plantea el tipo de carga de *comunidad*, que contempla la agregación de cargas representativa para un sistema de generación centralizado.

Además, se plantea un tipo de carga *comercial* para el desarrollo de las actividades propuestas en el centro productivo, ya que éstas son actividades que se realizan durante la jornada diurna.

5.5.2. Estimación de consumo

El consumo que va a ser propuesto para cada uno de los siguientes escenarios corresponde en su mayoría a cargas de tipo AC, a excepción de las cargas asociadas a la iluminación.

Residencial

Para la zona de la alta Guajira hay una carga de referencia que corresponde al consumo básico de subsistencia determinado por PERS Guajira, en la Tabla 8 se

relacionan cada uno de los elementos que según la PERS Guajira cumple con las condiciones básicas de subsistencia con su respectiva capacidad, cantidad e información de uso para calcular el consumo mensual.

Tabla 8. Consumo básico de subsistencia según PERS Guajira.

CONSUMO BASICO DE SUBSISTENCIA						
ALTA GUAJIRA	<i>FUENTE: PERS - LA GUAJIRA</i>					
Equipo	Capacidad (W)	Cantidad	horas de uso al día	uso días/semana	consumo kWh/día	consumo kWh/mes
Bombillos incandescentes	100	2	4	7	0,80	23,52
Televisor	122	1	4	7	0,49	14,35
Licudora	350	1	0,16	7	0,06	1,65
Cargador celular	50	1	6	7	0,30	8,82
Total CBS					1,64	48,33

Sin embargo, se propone un perfil de consumo basado en todas las necesidades y características socioeconómicas identificadas en la población, en la cual se cumplen no solo con las necesidades básicas de subsistencia si no que se agregan otras cargas que brindan comodidad y entretenimiento a los habitantes de Majayutpana.

Tabla 9. Consumo residencial propuesto para las viviendas de Majayutpana

CONSUMO PROPUESTO						
ALTA GUAJIRA	<i>FUENTE: AUTORES</i>					
Equipo	Capacidad (W)	Cantidad	horas de uso diarias	uso días/semana	consumo kWh/día	consumo kWh/mes
Bombillos Fluorescentes	20	4	5	7	0,40	12,00
Televisor	26	1	5	7	0,13	3,90
Licudora	600	1	0,1	7	0,06	1,80
Minibar	19	1	24	7	0,47	14,00
Ventilador	20	1	6	7	0,12	3,60
Radio	10	1	3	7	0,03	0,90
Cargador Celular	20	2	3	7	0,12	3,60
Total					1,33	39,80

En la búsqueda de los equipos implicados se tuvo en cuenta la propuesta de eficiencia energética relacionada con el reglamento técnico de etiquetado energético (RETIQ) para determinar y comparar el consumo de energía de varios

equipos y así seleccionar el equipo más económico a lo largo de su ciclo de vida. Además, se verificó que la demanda diaria cumpliera con el consumo básico de subsistencia definido por la IEA.

Comercial

Para el centro productivo propuesto, según las actividades económicas y productivas a fortalecer, se presenta la Tabla 10 con cada uno de los equipos, sus respectivas potencias y horas de uso diarias.

Tabla 10. Consumo propuesto para el centro productivo

Equipo	Capacidad (W)	Cantidad	horas de uso diarias	uso días/semana	consumo kWh/día	consumo kWh/mes
AREAS COMUNES						
Iluminación Publica	40	15	4	7	2,40	70,56
Router Wi-Fi	20	2	14	7	0,56	16,46
Lavadoras	650	3	5	6	9,75	245,70
Iluminación deportes	30	2	2	5	0,12	2,52
Bombeo solar	746	1	6	7	4,48	131,59
TOTAL					17,31	466,84
ARTESANIAS						
Maquina deshiladora	20	5	8	6	0,8	20,16
Bombillos Fluorescentes	20	3	4	6	0,24	6,048
Computador	55	1	5	6	0,275	6,93
TOTAL					1,315	33,138
CENTRO EDUCATIVO						
Computador	55	2	3	5	0,33	6,93
Bombillos Fluorescentes	20	11	8	5	1,76	36,96
Televisor	40	1	2	5	0,08	1,68
Ventiladores	20	2	5	5	0,2	4,2
Licuada	600	1	0,2	5	0,12	2,52
Nevera	50,83	1	24	7	1,22	36,6
TOTAL					3,71	88,89
GANADO CAPRINO						
Refrigerador	230	2	8	7	3,68	108,192

Bombillos Fluorescentes	20	2	4	6	0,16	4,032
TOTAL					3,84	112,224
SALUD						
Bombillos Fluorescentes	20	2	4	7	0,16	4,704
Ventiladores	20	1	5	7	0,1	2,94
Nevera	40	1	24	5	0,96	20,16
Computador	55	1	7	6	0,385	9,702
TOTAL					1,605	37,506
BEBIDAS FERMENTADAS (Chirrinchi)						
Bombillos Fluorescentes	20	2	4	6	0,16	4,032
Refrigerador	230	1	8	7	1,84	54,096
Computador	55	1	4	6	0,22	5,544
TOTAL					2,22	63,672
PUNTO DIGITAL						
Computador	55	10	5	6	2,75	69,3
Impresora	12	1	2	6	0,024	0,6048
Televisor	40	1	4	6	0,16	4,032
Bombillos Fluorescentes	20	4	3	6	0,24	6,048
Ventiladores	20	2	5	6	0,2	5,04
Sonido	400	1	3	6	1,2	30,24
TOTAL					4,574	115,2648
TOTAL					64,566	1719,802

Comunidad

Para estimar el consumo total del radio de acción propuesto en la comunidad de Majayutpana se hace uso de la Norma Técnica de la ESSA para el cálculo y diseño de sistemas de distribución, la cual contiene la metodología para el cálculo del consumo para una comunidad rural.

El procedimiento para estimar el consumo de la comunidad de Majayutpana es el siguiente:

Teniendo en cuenta algunos factores como lo son el aparato de mayor potencia, numero de usuario y el factor de diversidad para sector residencial, se debe determinar la demanda máxima rural por medio de la siguiente formula:

$$D_{\max_rural} = \frac{\left(S_M + \left[\left(\left(32 \frac{VA}{m^2} \right) * AREA(m^2) \right) * 0,5 \right] \right) * N}{F_{div_res}}$$

Donde:

S_M	Carga aparato de mayor potencia	600 W
$AREA$	Área media de las viviendas	70 m ²
N	Número de usuarios	135
F_{div_res}	Factor de diversidad sector residencial	5

Para determinar el factor de diversidad residencial se utilizó la siguiente formula:

$$F_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$$

$$F_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\left(\frac{1-135}{6}\right)}} = 5$$

Con el valor del factor de diversidad, se procede a determinar la demanda máxima rural:

$$D_{\max_rural} = \frac{\left(600 + \left[\left(\left(32 \frac{VA}{m^2} \right) * 70(m^2) \right) * 0,5 \right] \right) * 135}{5} = 30360 W$$

$$= 30,36 kW$$

Reemplazando los valores, se tiene como resultado una demanda máxima de 30,36 kW

Ahora se debe multiplicar la D_{\max_rural} por la demanda promedio p.u (Figura 17) para obtener los valores que permitirán construir la curva de carga de la comunidad.

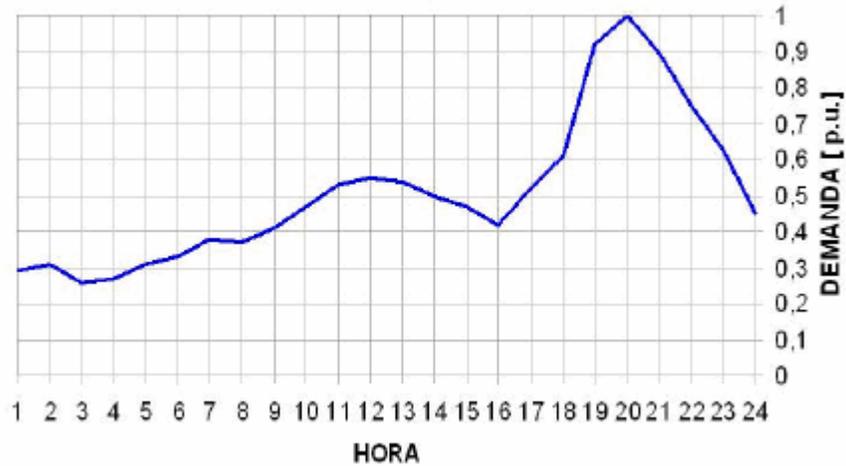


Figura 17. Curva de demanda horaria para sector residencial en zonas rurales
Fuente: (ESSA)

Teniendo como resultado la demanda promedio por hora:

Tabla 11. Demanda promedio por hora para la comunidad de Majayutpana

COMUNIDAD		
HORA	DEMANDA PROMEDIO P.U	DEMANDA PROMEDIO HORA kWh
1	0,29	8,80
2	0,31	9,41
3	0,26	7,89
4	0,27	8,20
5	0,31	9,41
6	0,33	10,02
7	0,38	11,54
8	0,37	11,23
9	0,41	12,45
10	0,47	14,27
11	0,53	16,09
12	0,55	16,70
13	0,54	16,39
14	0,5	15,18
15	0,47	14,27
16	0,42	12,75
17	0,52	15,79
18	0,61	18,52
19	0,92	27,93
20	1	30,36

21	0,9	27,32
22	0,75	22,77
23	0,63	19,13
24	0,45	13,66
Total		370,09

5.5.3. Demanda diaria

Según la estimación de la demanda en el numeral 5.5.2, se presenta la Tabla 12 que contiene la demanda diaria para el tipo de carga residencial, carga comercial del centro productivo y la carga de la comunidad.

Tabla 12. Demanda diaria para los tipos de carga en estudio

Demanda diaria [kWh]	
Residencial	1,33
Centro productivo	64,56
Comunidad	370,09

Con estos valores obtenidos, se puede establecer que la tensión de trabajo debe ser de 12 V para la carga residencial, 120 V para el centro productivo y la comunidad (Tabla 4).

5.6. Caracterización de la oferta

En esta sección, se determina el potencial del recurso de fuentes alternativas en la zona,

para esto existen distintas fuentes que proporcionan datos acerca del potencial de energías renovables como lo son: Surface meteorology and Solar Energy de la NASA, Meteonorm, Retscreen, Atlas de potencial solar y eólica de la UPME y el IDEAM, datos provenientes de la PERS, entre otros.

Sin embargo, se decide trabajar con los datos provenientes de la base de datos de la NASA (Surface meteorology and Solar Energy) debido a que el software en el que se determina el mix energético, permite importar datos de esta fuente.

5.6.1. Potencial de fuentes alternativas

En materia de energía eólica y solar, el departamento de La Guajira además de ser el departamento con mejor potencial del país (UPME - IDEAM, 2005), dobla el promedio que se tiene de oferta de este recurso en el resto del mundo, mientras que en Suramérica es de las áreas con mayor potencial (La Guajira podría generar toda la energía de Colombia, 2017).

Por esta razón y debido a las consideraciones de eficiencia energética, se acude al criterio de priorizar el uso de fuentes renovables, y debido al gran potencial de la zona (Figura 18, Figura 19), se decide estudiar los potenciales de recurso solar y eólico, y se descarta el estudio de potencial de biomasa, dado que en la observación de campo la zona se caracteriza por ser desértica; donde no existe algún tipo de cultivo energético, actividades forestales o algún tipo de residuo aprovechable.

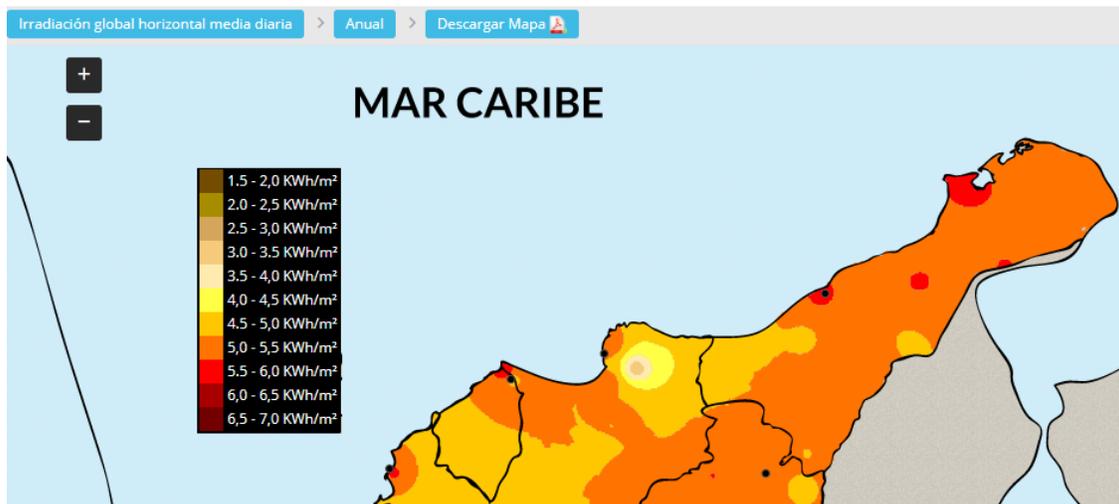


Figura 18. Radiación solar zona caribe de Colombia
Fuente: (UPME - IDEAM, 2005)

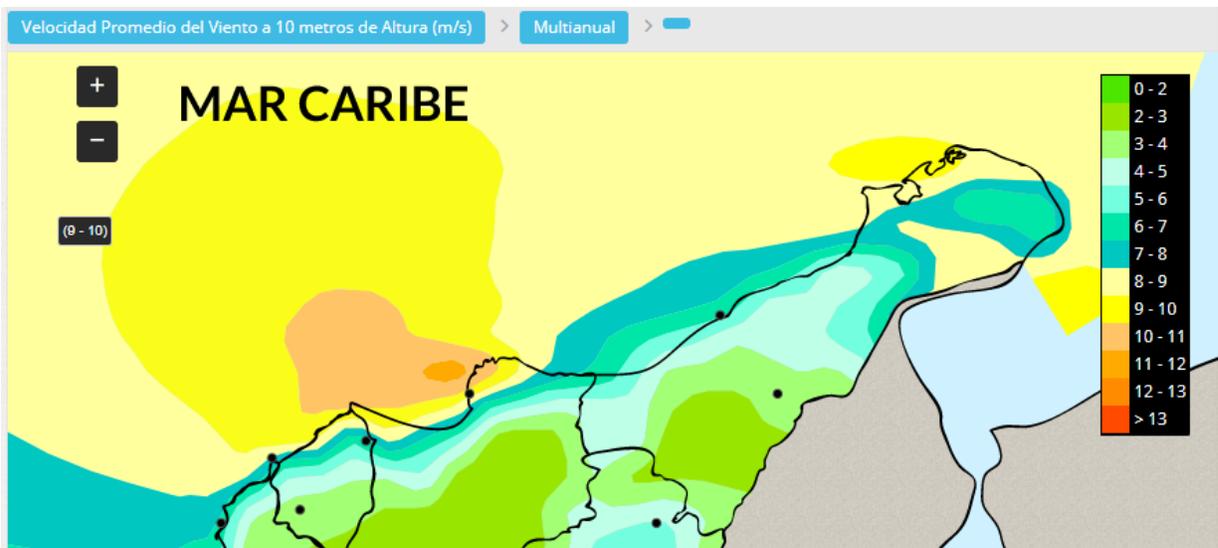


Figura 19. Velocidad del viento zona caribe de Colombia
Fuente: (UPME - IDEAM, 2006)

El potencial de generación con estos recursos se determinará posteriormente en la simulación del sistema de suministro en el software HOMER Energy, en donde este análisis es fundamental para la selección de la tecnología y determinar la viabilidad de la solución.

Potencial solar

Para evaluar el potencial del recurso solar, se acude a la consulta de datos en superficies horizontales correspondiente a 11°52 latitud norte, teniendo como resultado la siguiente caracterización.

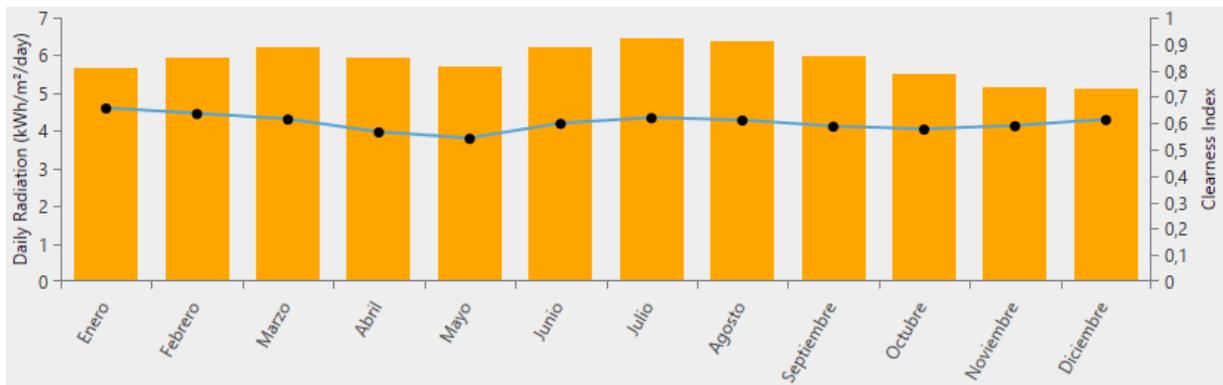


Figura 20. Radiación solar e índice de claridad en Majayutpana
Fuente: NASA Surface meteorology and Solar Energy database

La radiación solar evaluada en HPS (kWh/m²/día), para la zona donde se encuentra ubicada Majayutpana varía aproximadamente entre 5,1 HPS y 6,5 HPS que es la mayor radiación que se encuentra a lo largo del año en el mes de Julio, estos datos representan históricos de 22 años comprendidos entre 1883 y 2005.

Potencial eólico

Para determinar las velocidades medias mensuales y la velocidad media anual en la zona, se consultan datos medidos a 10 metros de la superficie, distribuidos de la siguiente manera.

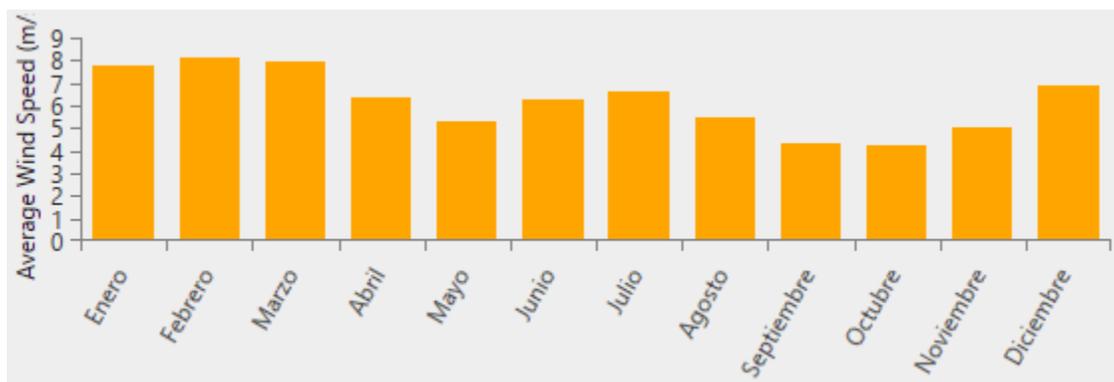


Figura 21. Velocidad del viento en m/s en Majayutpana
Fuente: NASA Surface meteorology and Solar Energy database

Observando la distribución se puede apreciar que prevalecen velocidades comprendidas entre 4 m/s y 8 m/s con un promedio anual correspondiente a 6,2 m/s.

5.7. Simulación del sistema de suministro energético

Con la ayuda de HOMER Energy se va a determinar el mix energético más favorable teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos, por esto se plantea simular 3 escenarios que permitan analizar las mejores opciones de suministro para los sistemas de generación de energía.

5.7.1. Escenarios de suministro

- **Residencial:** Corresponde a las cargas propuestas en la Tabla 9, para una vivienda típica de la comunidad de Majayutpana
- **Centro productivo:** Contiene las cargas propuestas en la Tabla 10, en donde se van a concentrar las actividades productivas.
- **Centralizado:** Representa la capacidad total de la comunidad, incluyendo el escenario del centro productivo.

5.7.2. Simulación del mix energético

Perfil de cargas

Con base en la demanda diaria de cada uno de los escenarios, se obtienen los siguientes perfiles:

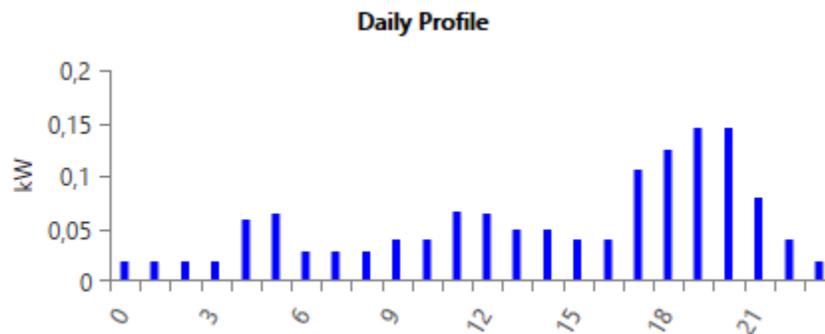


Figura 22. Perfil de carga diario para el escenario residencial

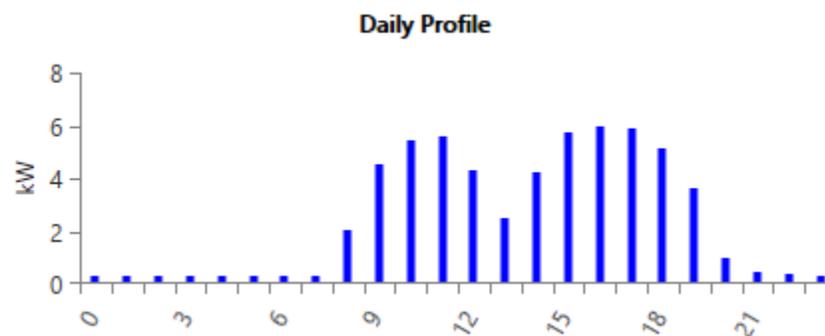


Figura 23. Perfil de carga diario para el escenario del centro productivo

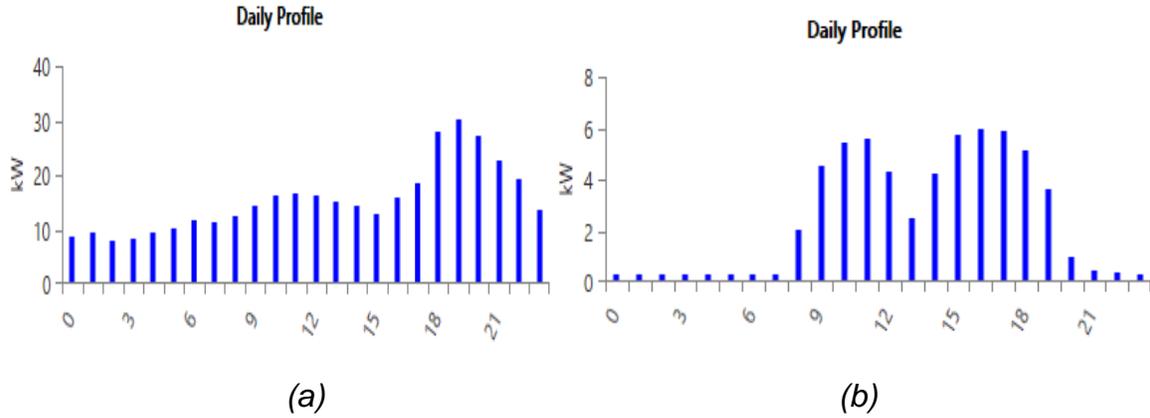


Figura 24. Perfil de carga diario para el escenario centralizado. (a) Comunidad, (b) Centro productivo

Recursos

De la sección 5.6.1, se obtienen los datos correspondientes al potencial de recursos que van a ser tenidos en cuenta en el análisis.

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /day)	Month	Average (m/s)
Enero	0,655	5,660	Enero	7,750
Febrero	0,634	5,950	Febrero	8,130
Marzo	0,613	6,220	Marzo	7,950
Abril	0,564	5,950	Abril	6,330
Mayo	0,540	5,690	Mayo	5,330
Junio	0,597	6,220	Junio	6,290
Julio	0,618	6,450	Julio	6,580
Agosto	0,609	6,380	Agosto	5,500
Septiembre	0,586	5,990	Septiembre	4,330
Octubre	0,575	5,500	Octubre	4,200
Noviembre	0,588	5,160	Noviembre	5,040
Diciembre	0,612	5,120	Diciembre	6,920

Annual Average (kWh/m²/day): 5.86 **Annual Average (m/s): 6.20**

Figura 25. Potencial de recursos energéticos con mayor viabilidad. (a) Solar, (b) Eólico

Componentes y costos

Para cada una de las fuentes de generación se consultaron, unidades de generación y almacenamiento de diferentes fabricantes. Los equipos requeridos para el aprovechamiento de los recursos considerados incluyen los costos asociados al capital, al remplazo, a la operación y mantenimiento de cada tipo de instalación.

Para instalaciones fotovoltaicas, bases de datos de NREL (NREL, 2016), IRENA (IRENA, 2015) Y CORPOEMA (CorpoEma - UPME, 2010) proveen factores de costos según el tipo de instalación, y la variación de este factor respecto a la capacidad instalada es la siguiente:

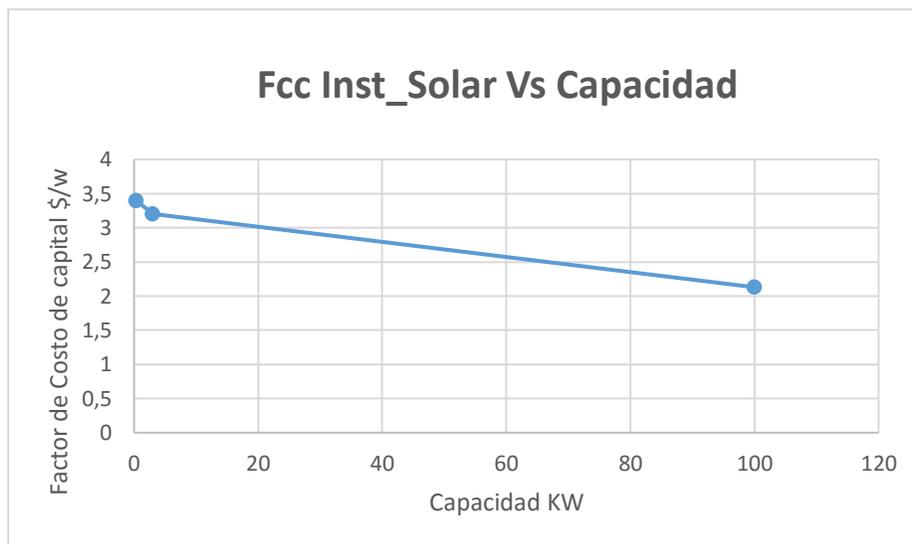


Figura 26. Variación del costo capital en sistemas fotovoltaicos

Además, el porcentaje de reemplazo y operación y mantenimiento es el 95% y 1% respectivamente del costo capital, teniendo como resultado la siguiente escala.

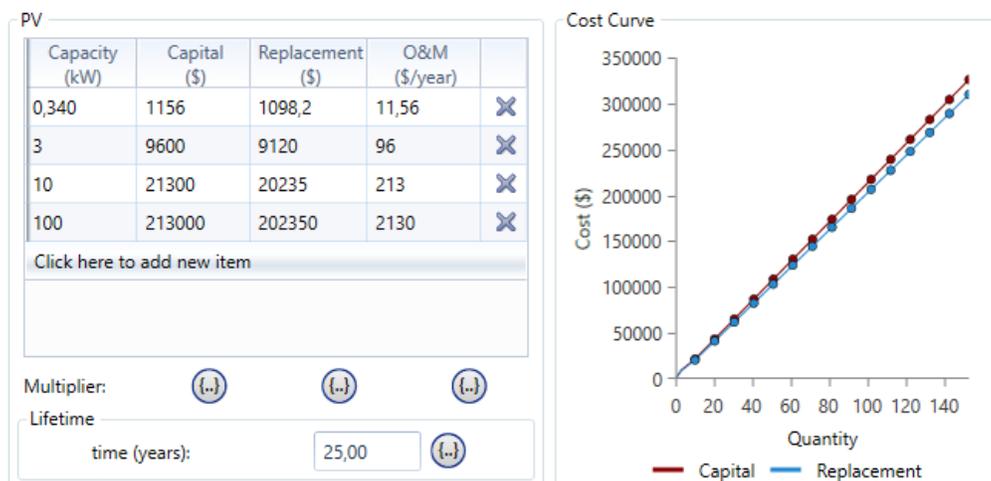


Figura 27. Costos asociados al sistema fotovoltaica

Para instalaciones eólicas, también se consultan las bases de datos de mencionadas en los sistemas fotovoltaicos, los cuales proveen factores de costos según el tipo y tamaño de la instalación. La economía a escala se ve reflejada en los costos debido que a mayor potencia instalada el costo capital unitario es menor y la variación de este factor respecto a la capacidad instalada se puede observar en la Figura 28.

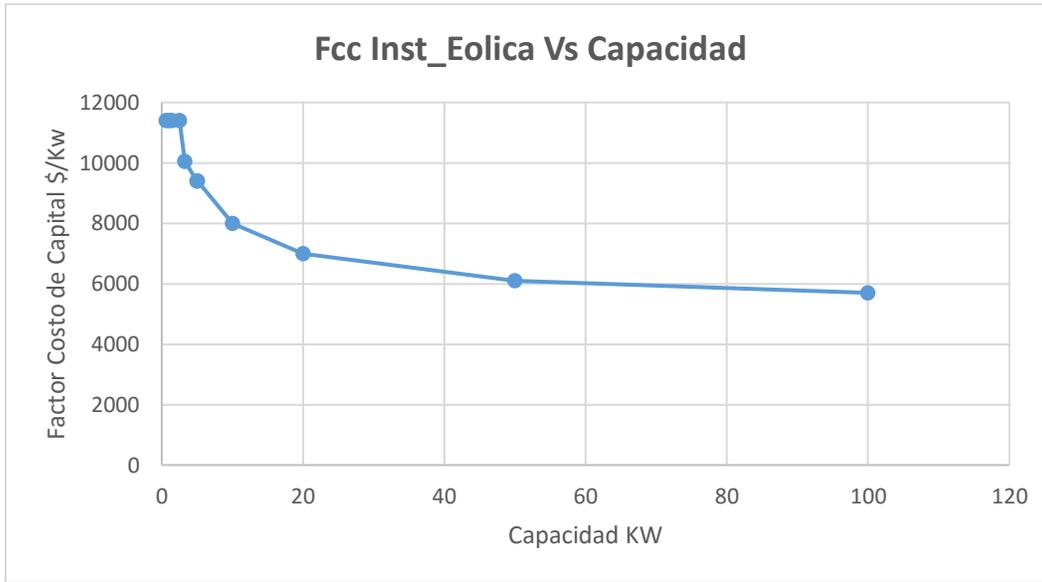


Figura 28. Variación del costo capital en sistemas eólicos

Para efectos de la simulación, el porcentaje de reemplazo, operación y mantenimiento es el 90% y 1% respectivamente del costo capital (IRENA, 2012), teniendo como resultado la siguiente escala.

Tabla 13. Costos asociados a instalaciones eolicas

CAPACIDAD [kW]	CAPITAL [\$]	REEMPLAZO [\$]	OyM [\$/Year]
0,65	\$7.410	\$6.669	\$74
1	\$11.400	\$10.260	\$114
5	\$47.000	\$42.300	\$470
10	\$80.000	\$72.000	\$800
20	\$140.000	\$126.000	\$1.400
50	\$305.000	\$274.500	\$3.050
100	\$570.000	\$513.000	\$5.700

Para el componente de almacenamiento se debe tener en cuenta que las baterías consideradas son de diferentes voltajes por lo que se debe realizar el respectivo análisis para cumplir con la tensión de la instalación propuestos (5.5.3).

Los costos asociados al almacenamiento dependen de la tecnología, en este caso se utilizan las de plomo-ácido para el estudio; según la Figura 29, se toma un factor de costo capital de 260 USD/kWh (IRENA, 2017). En este caso no se observa el efecto de la economía a escala debido a que el precio depende directamente de la capacidad de la batería.

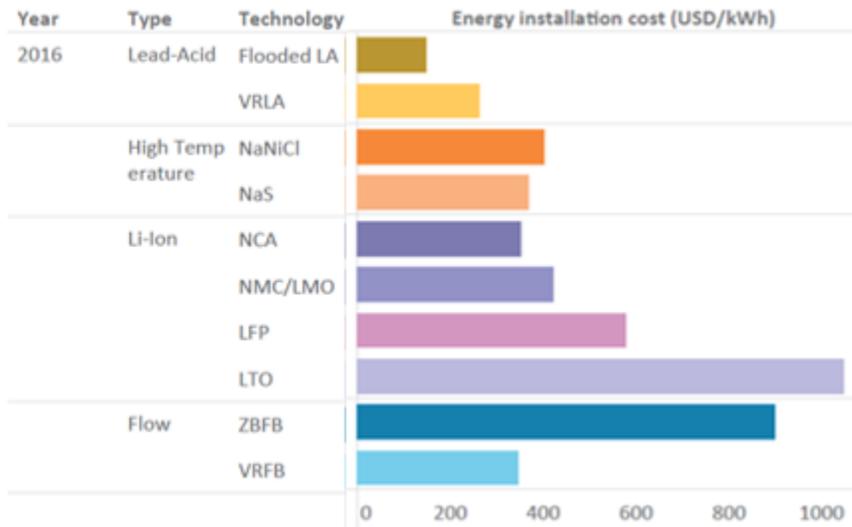


Figura 29. Costo capital de almacenamiento, por tecnología
Fuente: (IRENA, 2017)

El costo de reemplazo de las baterías corresponde al 100% del costo capital y la operación y mantenimiento se aproxima al 1% del capital debido que el tipo de tecnología usada de plomo ácido es VRLA (batería de plomo ácido regulada por válvula) que es conocida por ser una batería de ciclo profundo sellada, es decir libre de mantenimiento.

Debido a que en la caracterización de la demanda la mayoría de las cargas son en AC, implica que se incluya un sistema de conversión para invertir la tensión que venga de las fuentes de energía de DC. Al igual que en el almacenamiento, el costo asociado al sistema de conversión depende de la capacidad de este, por lo que no se ve reflejado la economía a escala como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Costos asociado al inversor

CAPACIDAD [KW]	CAPITAL [\$]
1	\$600

Fuente: Catalogos de fabricantes, HOMER Energy Package

El sistema de conversión según fabricantes tiene un costo capital aproximado de 600 USD/kW, los costos de reemplazo del equipo, operación y mantenimiento corresponden al 100% y 0% del costo capital.

5.7.3. Sensibilización y Optimización

Escenario Residencial

En la Figura 30 se presentan dos alternativas de generación acotados según el tamaño de la demanda. Además, se despliegan las alternativas de almacenamiento que poseen capacidades y tensiones diferentes; razón por la cual se incluye un análisis con el dominio de los posibles arreglos de tal manera que el sistema resultante cumpla con la tensión de la instalación.

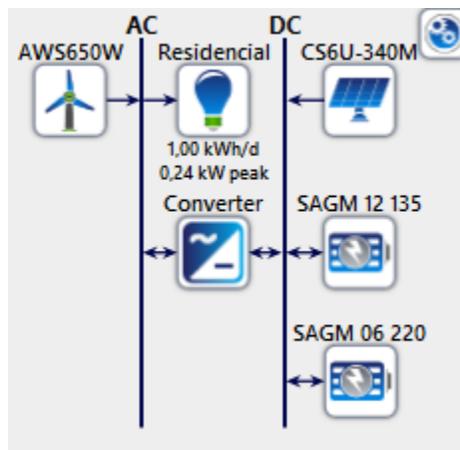


Figura 30. Posibles configuraciones para el sistema residencial

Como resultado de la simulación, se obtiene un conjunto de diferentes configuraciones (Figura 31) donde se describe su arquitectura y se presentan los costos correspondientes asociados a cada una de estas.

Architecture										
					CS6U-340M (kW) ▾	AWS650W ▾	SAGM 12 135 ▾	SAGM 06 220 ▾	Converter (kW) ▾	
					0,340			2	0,250	
					0,340		2		0,250	
						1	1		0,250	
						1		2	0,250	
					0,340	1	1		0,250	
					0,340			2	0,250	

Cost										
					COE (\$) ▾	NPC (\$) ▾	Operating cost (\$) ▾	Initial capital (\$) ▾	O&M (\$) ▾	
					\$0,519	\$3.169	\$91,59	\$1.985	\$18,30	
					\$0,528	\$3.264	\$89,68	\$2.105	\$20,30	
					\$1,67	\$10.155	\$172,75	\$7.922	\$78,47	
					\$1,68	\$10.391	\$166,45	\$8.239	\$80,84	
					\$1,81	\$11.385	\$178,45	\$9.078	\$90,03	
					\$1,85	\$11.580	\$168,99	\$9.395	\$92,40	

Figura 31. Optimización para el escenario residencial

El resultado del mejor mix energético para el consumo de 1,33 kWh/día propuesto de la vivienda, sugiere que se utilice un panel de 340 W por un sistema de almacenamiento compuesto por dos baterías de 1,45 kWh cada una; así mismo el sistema de conversión requerido para el correcto funcionamiento de la instalación debe ser de 0,25 kW.

Architecture										
					CS6U-340M (kW) ▾	AWS650W ▾	SAGM 12 135 ▾	SAGM 06 220 ▾	Converter (kW) ▾	
					0,340			2	0,250	

Cost				
COE (\$) ▾	NPC (\$) ▾	Operating cost (\$) ▾	Initial capital (\$) ▾	O&M (\$) ▾
\$0,519	\$3.169	\$91,59	\$1.985	\$18,30

Figura 32. Mix energético para el escenario residencial

Luego de esto, para de evaluar la evolución del costo presente neto y el costo nivelado de la energía respecto a la variación de la demanda diaria se realiza una

sensibilización, obteniendo como resultado que a medida que la demanda diaria aumenta, el costo de energía disminuye.

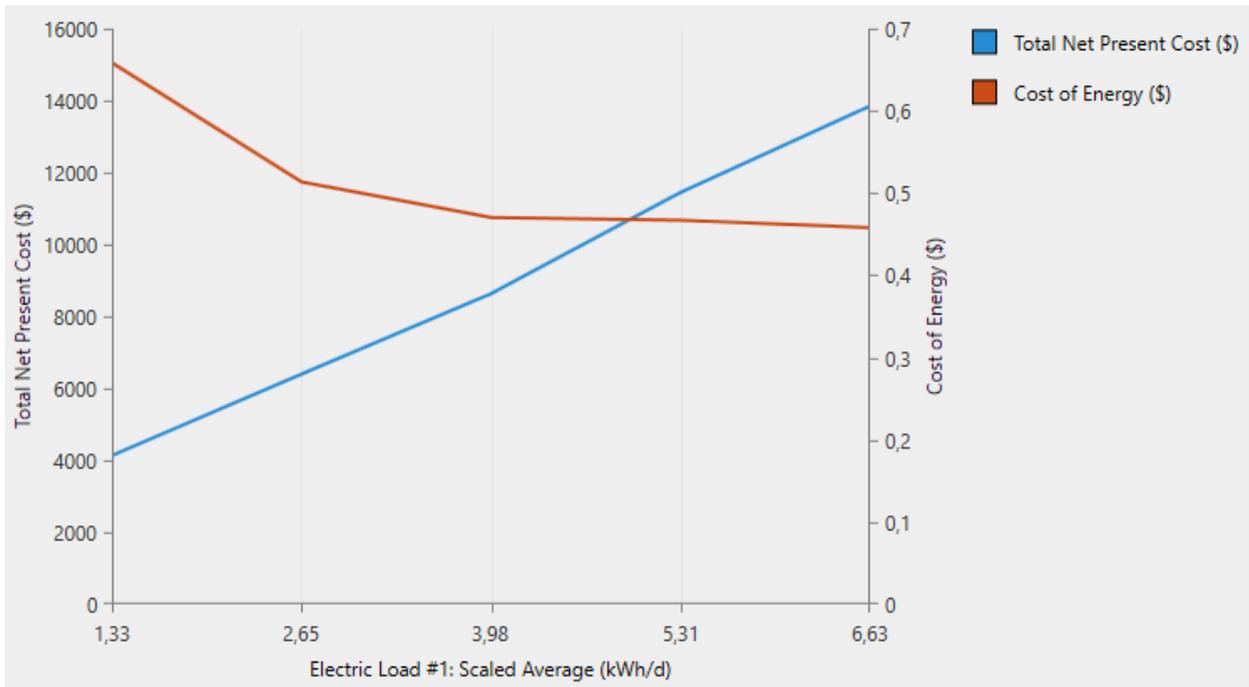


Figura 33. Sensibilización de demanda del escenario residencial

Escenario Centro productivo

Para la demanda de 65 kWh/día requerida en el centro productivo se plantean dos opciones para la generación con sistema eólico, y dos para el sistema de almacenamiento, como se muestra en el siguiente esquema.

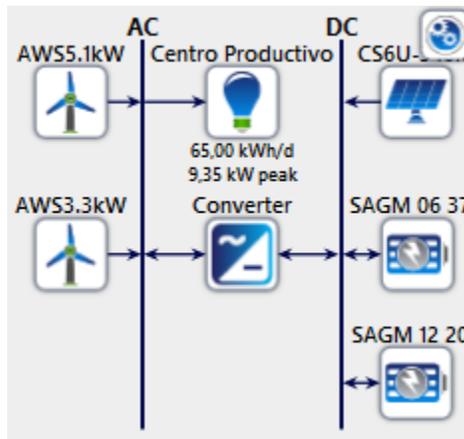


Figura 34. Posibles configuraciones para el sistema del centro productivo

Como resultado de la simulación de los posibles arreglos en el dominio de análisis, se obtiene el siguiente ranking de soluciones:

Architecture											
						CS6U-340M (kW)	AWS5.1kW	AWS3.3kW	SAGM 06 375	SAGM 12 205	Converter (kW)
						20,4				20	8,00
						18,4			40		7,00
						15,3		1	20		8,00
						15,3		1		20	8,00
						15,3	1		20		7,00
						15,3	1			20	7,00
						10,2	1	1		20	8,00
						15,3	1	1	20		6,00
							5	1		50	10,0
							5	1	60		8,00

Cost										
						COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	O&M (\$)
						\$0,331	\$98.349	\$2.817	\$61.928	\$571,12
						\$0,340	\$102.225	\$2.579	\$68.891	\$646,67
						\$0,403	\$120.048	\$2.842	\$83.313	\$785,01
						\$0,404	\$120.941	\$2.842	\$84.197	\$793,81
						\$0,450	\$135.173	\$2.913	\$97.521	\$933,09
						\$0,451	\$135.999	\$2.908	\$98.405	\$941,89
						\$0,548	\$163.446	\$3.262	\$121.274	\$1.165
						\$0,567	\$171.152	\$3.179	\$130.053	\$1.264
						\$1,34	\$397.769	\$6.556	\$313.022	\$3.070
						\$1,35	\$398.934	\$6.415	\$316.008	\$3.112

Figura 35. Optimización para el escenario del centro productivo

Para este escenario de consumo, el mix energético óptimo (Figura 36) está compuesto por un sistema solar fotovoltaico de 20,4 kW instalados, es decir 60 módulos de 340 W; un banco de 20 baterías de 2,63 kWh cada una y un sistema de conversión de 8 kW.

Architecture											
						CS6U-340M (kW)	AWSS.1kW	AWSS3.3kW	SAGM 06 375	SAGM 12 205	Converter (kW)
						20,4				20	8,00
Cost											
COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	O&M (\$)							
\$0,331	\$98.349	\$2.817	\$61.928	\$571,12							

Figura 36. Mix energético para el escenario del centro productivo

Al igual que en el escenario residencial se lleva a cabo una sensibilización de la demanda diaria donde se puede apreciar que no hay un comportamiento definido en el costo de la energía mientras que el NPC de la instalación si aumenta debido a que la capacidad de generación incrementa.

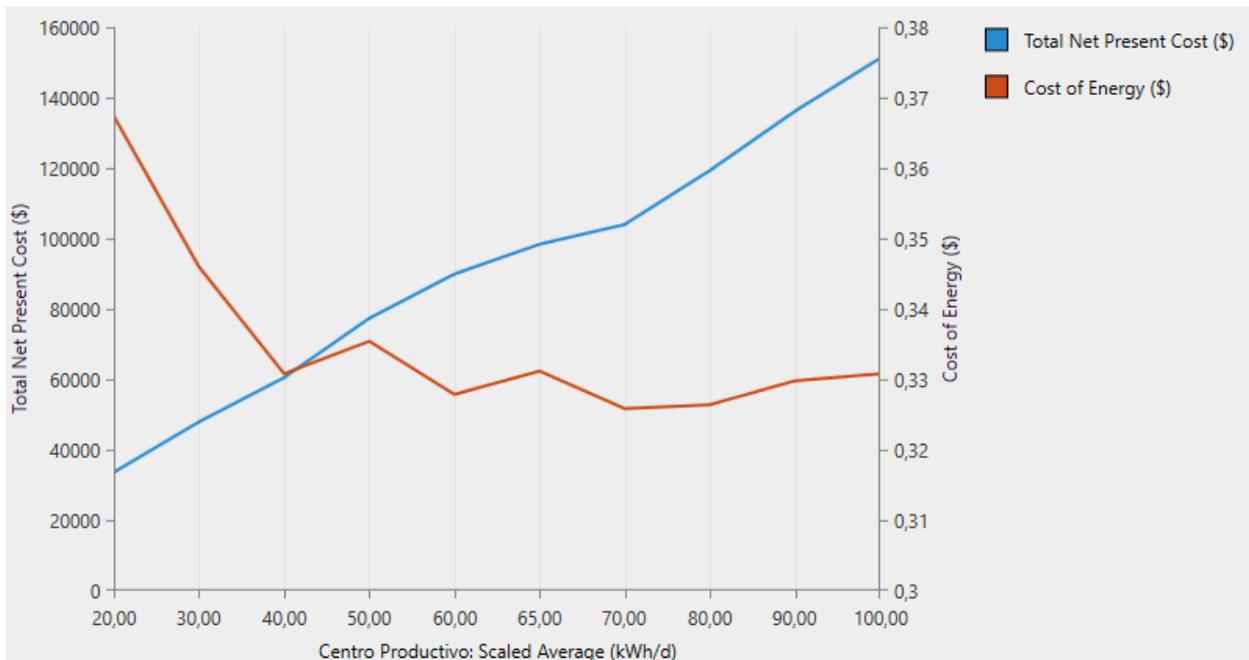


Figura 37. Sensibilización de demanda del escenario del centro productivo

Escenario Centralizado

Finalmente, para abastecer la demanda de la comunidad de 135 unidades residenciales y la demanda del centro productivo, se plantea la siguiente configuración.

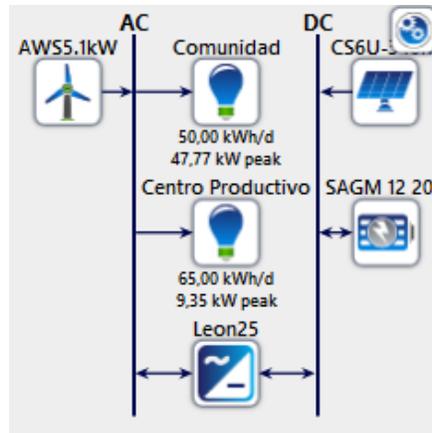


Figura 38. Posibles configuraciones para el sistema del centralizado

Para este escenario de suministro se lleva a cabo una sensibilización en función de la probable variación de la demanda, en respuesta a la cantidad de usuarios que van a requerir despacho del sistema, teniendo como resultado un listado del mix energético óptimo para cada una de los valores de demanda dentro del rango sensibilizado.

Sensitivity		Architecture						
Comunidad Scaled Average (kWh/d)					CS6U-340M (kW)	AWS5.1kW	SAGM 12 205	Leon25 (kW)
100					40,8		100	15,0
150					61,2		90	20,0
200					71,4		130	25,0
250					81,6		170	30,0
300					91,8		210	40,0
350					112		200	40,0
400					133		200	45,0
50,0					30,6		50	15,0

Sensitivity		Cost							
Comunidad Scaled Average (kWh/d)					COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	O&M (\$)
100					\$0,371	\$278.578	\$8.690	\$166.243	\$1.572
150					\$0,377	\$368.258	\$12.615	\$205.182	\$1.931
200					\$0,380	\$459.188	\$15.646	\$256.922	\$2.418
250					\$0,383	\$548.403	\$18.545	\$308.663	\$2.905
300					\$0,387	\$642.478	\$21.588	\$363.403	\$3.392
350					\$0,384	\$723.723	\$25.495	\$394.134	\$3.700
400					\$0,383	\$809.296	\$29.247	\$431.202	\$4.040
50,0					\$0,363	\$189.706	\$6.114	\$110.665	\$1.016

Figura 39. Sensibilización de carga para el escenario centralizado

Además, se obtiene el gráfico de la variación de estos costos respecto a la variación de la demanda diaria promedio, donde se puede observar un comportamiento extraño del costo de la energía ya que en este escenario centralizado hay dos tipos de carga que se comportan de manera diferente, aproximadamente a una carga de 300 kWh/día se logra una disminución del costo de energía asociado a la economía a escala de los componentes.

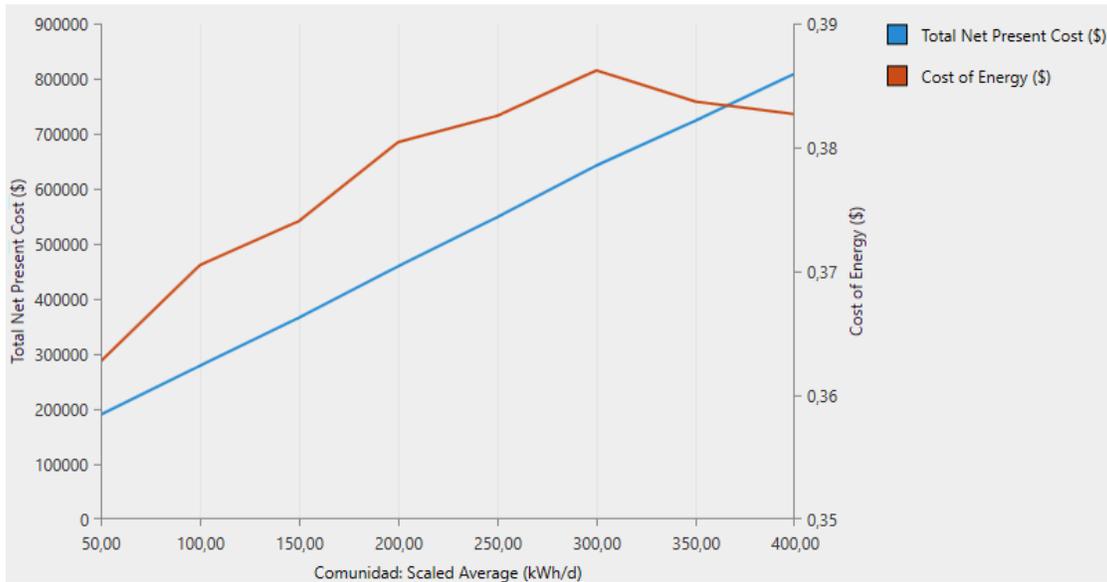
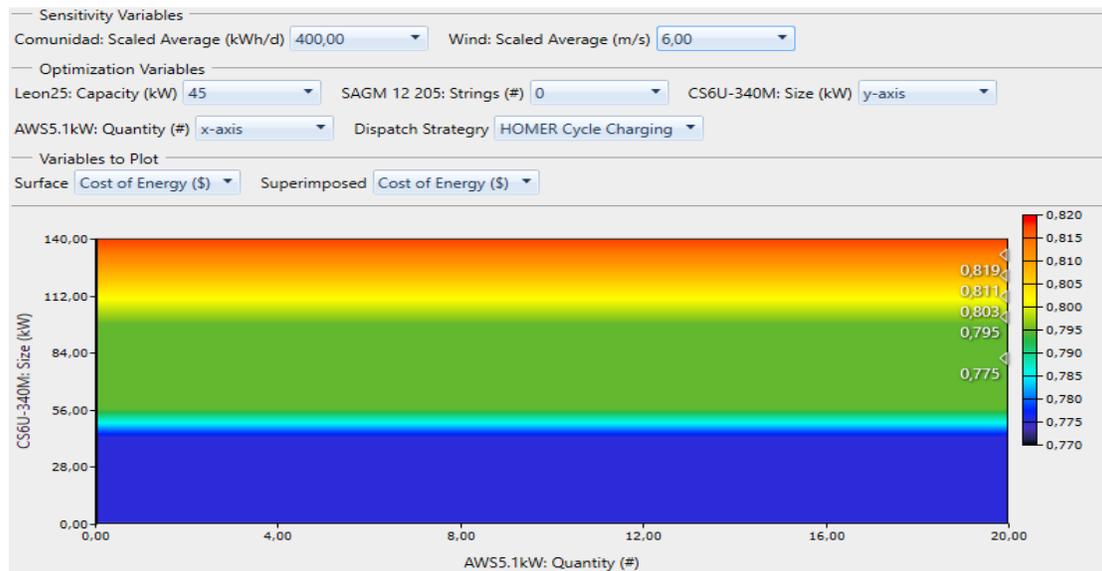


Figura 40. Sensibilización de demanda en el escenario centralizado

Matriz eólica

En respuesta a la ausencia de la matriz eólica dentro de las soluciones optimas se hace una sensibilización de la velocidad del viento de 6 m/s a 8 m/s, para evaluar la situación de esta alternativa dentro del análisis de soluciones del sistema.



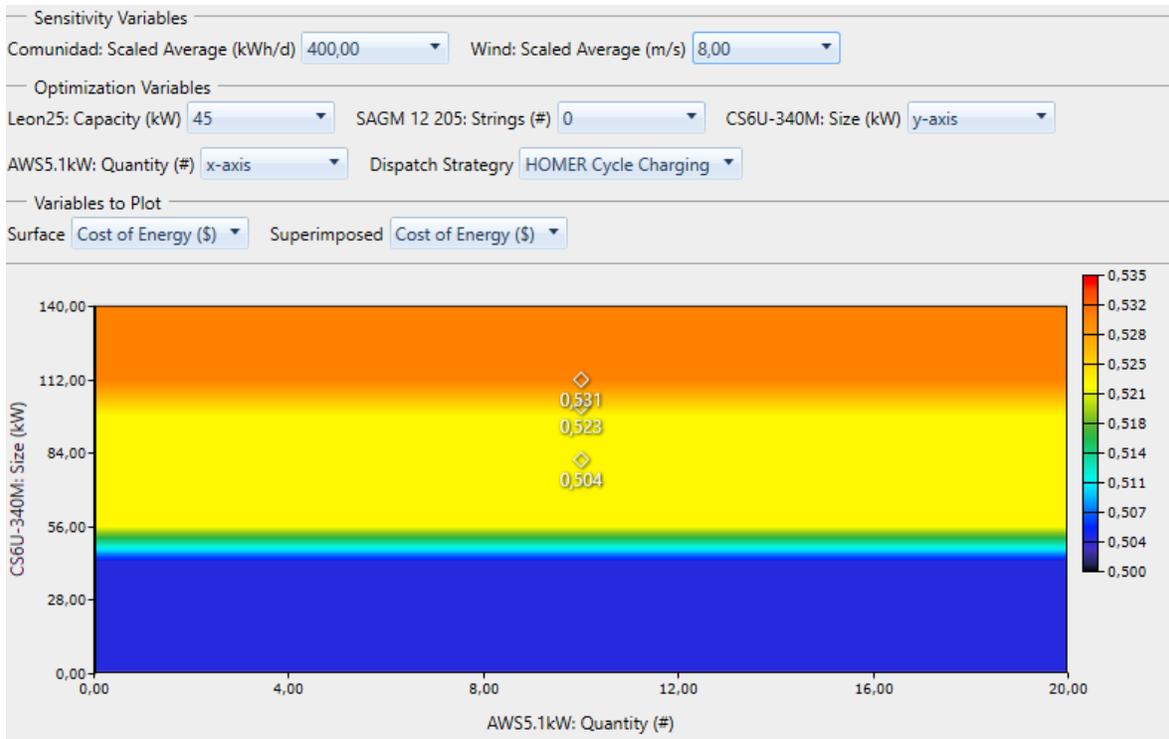


Figura 41. Sensibilización del recurso eólico

En esta sensibilización donde se observa el costo de la energía relacionado con los componentes de generación y se puede determinar una reducción del costo de energía a una velocidad del viento mayor; esto quiere decir que un buen emplazamiento del sistema de generación eólico puede disminuir en 0,271 USD el costo de la energía.

5.7.4. Dimensionamiento del sistema de suministro

A continuación, se presenta una tabla resumen donde se indican los valores más representativos del dimensionamiento:

Tabla 15. Resumen de dimensionamiento por escenario

Indicadores	<i>Residencial</i>	<i>Centro productivo</i>	<i>Centralizado</i>
Usuarios beneficiados	1	Proyectos productivos	135 + proyectos productivos
Demanda diaria	1,33 kWh/día	64,56 kWh/día	435 kWh/día
Tensión de la instalación	12 V	120 V	120 V
Potencia pico	0,24 kW	9,35 kW	57,12 kW
Potencia instalada	0,340 kW	20,4 kW	122 kW
Cantidad de paneles solares	1	60	360

Producción teórica de energía anual	603 kWh/yr	36.152 kWh/yr	216.911 kWh/yr
Capacidad de almacenamiento	2,64 kWh	52,6 kWh	526 kWh
Cantidad de baterías	2	20	200
Capacidad del sistema de conversión	0,250 kW	8 kW	40 kW
LCOE	0,519 USD	0,331 USD	0,384 USD
Costo presente neto	3.169 USD	98.349 USD	759.931 USD

5.8. Configuración del sistema de suministro de energía

Para determinar la configuración del sistema de suministro para la zona de estudio se hace uso del software ViPORA que utiliza un modelo de optimización para el diseño los sistemas de electrificación, por medio de análisis de costos de generación y distribución.

5.8.1. Alternativas de suministro

Tipos de Carga:

Se debe especificar dos tipos de carga y su respectiva demanda promedio diaria, la primera es una carga Off-grid que es la carga que se espera suplir por medio de un sistema de generación de energía aislado como lo es un sistema fotovoltaico, la segunda es On-grid que es la demanda diaria de energía a ser suministrada por una red de distribución de energía. La carga Off-grid normalmente es más pequeña que la carga On-grid porque los sistemas aislados están limitados e la cantidad de energía que pueden proveer.

Tipos de Fuentes:

Se debe proponer por lo menos dos tipos de fuentes, una fuente para el sistema de suministro aislado y otro para el sistema de suministro centralizado. Este proceso se realiza con ayuda de HOMER Energy, ya que los costos de generación son la base del análisis para determinar la mejor opción de generación

5.8.2. Simulación de la configuración

En el software ViPORA es necesario tener los siguientes datos de entrada:

Coordenadas

Para agregar los puntos de carga y las fuentes se debe tener alta precisión para lograr un análisis exacto; es por esto que en ViPORA se debe establecer la ubicación geográfica de la zona de estudio y de cada uno de los elementos del sistema de generación, para esto existen tres alternativas:

- Grados polares (decimales)

- Grados: minutos: segundos
- Coordenadas cartográficas (UTM)

En este caso se usa el sistema de grados: minutos: segundos ya que en la caracterización de la zona se utiliza la herramienta de Google earth para hacer la georreferenciación (Figura 13) la cual nos provee este tipo de coordenadas para un uso efectivo.

Load Point Properties									
Number:	64								
Latitude:	11	deg	52	min	32.777	sec	N	S	
Longitude:	72	deg	1	min	50.28	sec	E	W	

Figura 42. Coordenadas de trabajo

Escenario base

Se debe partir de la georreferenciación de cada uno de los elementos que compone el sistema de suministro propuesto, es decir, las 135 viviendas, el centro productivo y la fuente de generación centralizada ubicada cerca al centro productivo.

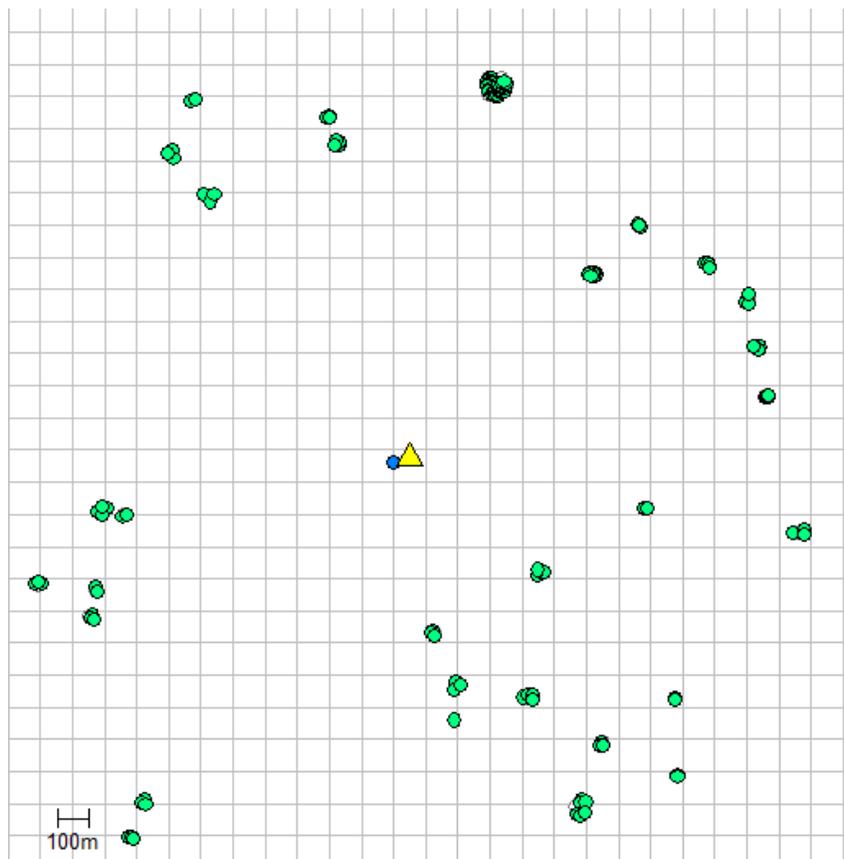


Figura 43. Escenario base para configuración del sistema

Tabla 16. Convenciones correspondientes al software ViPOR

CONVENCIONES					
					
Usuario residencial	Centro productivo	Fuente centralizada	Línea de baja tensión	Línea de media tensión	Transformador

Costos por fuente

Los costos que deben agregarse al software corresponde a los escenarios simulados en HOMER Energy (5.7.3); el escenario residencial corresponde a una fuente de generación aislada y el mix energético (Figura 32) resultante debe ser exportado a ViPOR; el escenario centralizado contiene los costos para una generación capaz de proveer la demanda del centro productivo y de la comunidad, en este caso se debe hacer una sensibilización (Figura 39) ya que los costos asociados a la demanda centralizada depende del número de usuarios que el software considere como viables para ser incluidos en la red de distribución de energía.

Demanda diaria promedio por tipo de carga

En la Figura 44, se observa que se debe introducir los datos de demanda en kWh/día para cada tipo de carga (On-grid, Off-grid), la demanda Off-grid corresponde a los valores establecidos en el numeral 5.5.3, sin embargo, la demanda On-grid se considera mayor un 15% ya que la disponibilidad de energía depende de un sistema de generación centralizada.

Type	Description	Color	On-Grid		Off-Grid		New	Delete
			Load	Fee	Load	Fee		
			(kWh/d)	(\$/month)	(kWh/d)	(\$/month)		
0	Residencial		1.530	0.00	1.330	0.00		
1	Centro Productivo		74.800	0.00	65.000	0.00		

Figura 44. Demanda diaria por tipo de carga

Factores asociados a la distribución de energía

Se debe establecer los costos asociados a la distribución de energía que incluye el costo unitario de red de baja y media tensión, costos de transformadores y conexiones, con sus porcentajes de O&M respecto al costo capital. Además, se debe tener en cuenta una restricción fundamental que es la máxima longitud de línea de baja tensión, debido a que las lineal de baja tensión representan grandes

pérdidas de energía por el efecto Joule se debe establecer un límite de distancia para este tipo de línea.

En este estudio se utilizan los costos genéricos de distribución definidos por el software, los cuales representan un aproximado de los costos típicos asociados a distribución de energía y son presentados en la Figura 45.

<p>Low Voltage Line</p> <p>Capital Cost: <input type="text" value="2"/> \$/m</p> <p>O&M Cost: <input type="text" value="2"/> % of capital per year</p> <p>Lifetime: <input type="text" value="25"/> yr</p> <hr/> <p>Medium Voltage Line</p> <p>Capital Cost: <input type="text" value="5"/> \$/m</p> <p>O&M Cost: <input type="text" value="2"/> % of capital per year</p> <p>Lifetime: <input type="text" value="25"/> yr</p> <hr/> <p>Constraints</p> <p>Max LV Length: <input type="text" value="400"/> m</p>	<p>Transformers</p> <p>Capital Cost: <input type="text" value="500"/> \$</p> <p>O&M Cost: <input type="text" value="2"/> % of capital per year</p> <p>Lifetime: <input type="text" value="25"/> yr</p> <hr/> <p>Connection Charges</p> <p>Capital Cost: <input type="text" value="50"/> \$</p> <p>O&M Cost: <input type="text" value="2"/> % of capital per year</p> <p>Lifetime: <input type="text" value="25"/> yr</p> <hr/> <p>Other</p> <p>Real Interest Rate: <input type="text" value="10"/> %</p> <p>Project Lifetime: <input type="text" value="25"/> yr</p>
---	---

(a) (b)

Figura 45. Condiciones asociadas a la distribución. (a) Cableado, (b) Transformadores y conexiones

Configuración de suministro

Dados los datos de entrada, se presentan los costos asociados a las diferentes configuraciones, por lo que se puede concluir que la configuración debe ser mixta (Figura 47) ya que esta representa el menor costo.

Map	Type	Cost
	Mixed	\$ 653,368
	All Isolated	\$ 680,550
	All Centralized	\$ 683,060

Figura 46. Costos de las diferentes configuraciones de suministro

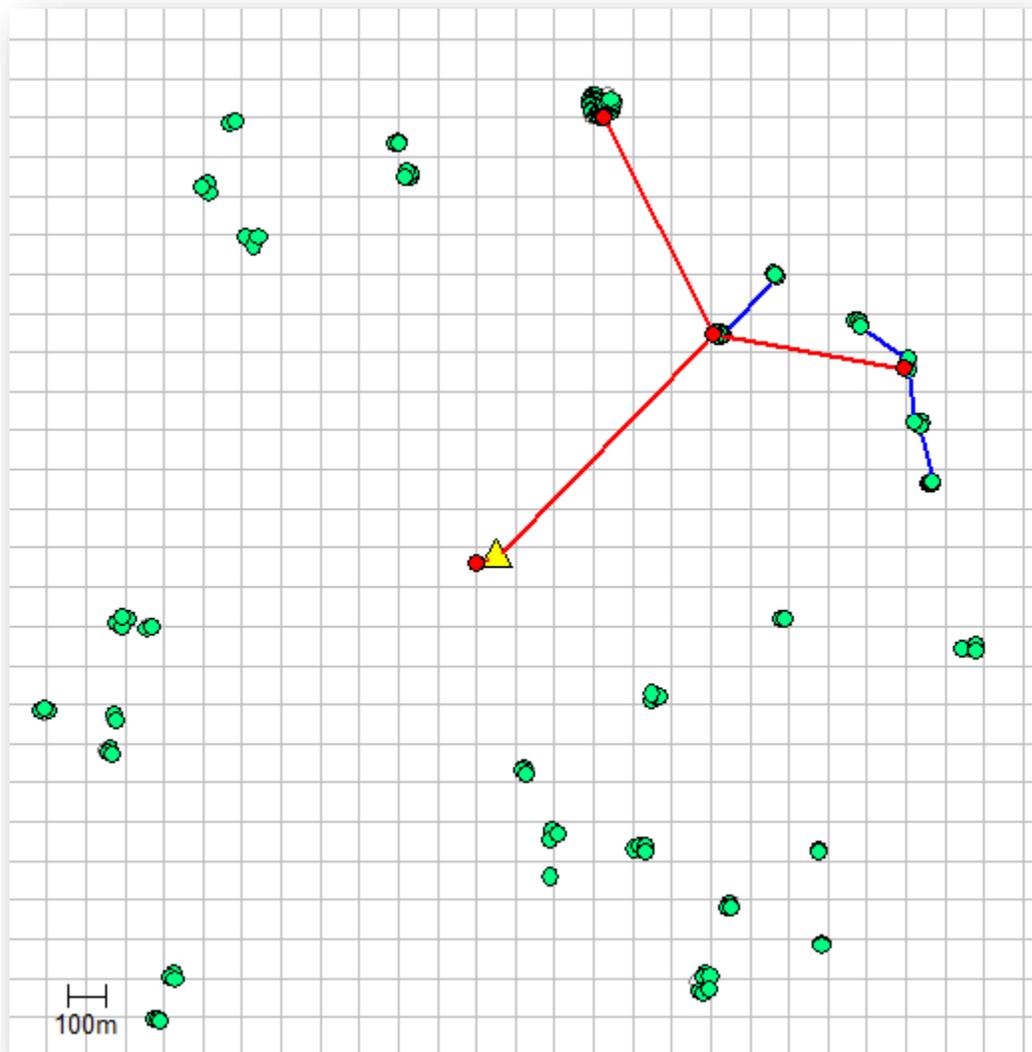


Figura 47. Configuración de suministro

La configuración mixta presenta un sistema en el cual 69 usuarios quedan aislados y los 67 restantes quedan centralizados junto con la carga del centro productivo, la distancia de línea de baja tensión usada es de 1,087 m y de media tensión es de 1,965 con un total de 4 transformadores.

5.8.3. Sensibilización

Para determinar la influencia de los costos asociados a la distribución de energía en la configuración del sistema, se propone variar estos, manteniendo la proporción de los costos genéricos los cuales proponen que el costo de la línea de baja tensión es equivalente al 40% del valor de la línea de alta tensión y se mantiene el parámetro de máxima longitud de línea de baja tensión correspondiente a 400 m.

Tabla 17. Análisis de sensibilización de la configuración del sistema de suministro

CASO	Costo capital [usd/m]		Resultado		
	Línea de baja tensión	Línea de media tensión	Usuarios aislados	Usuarios centralizados	Esquema de distribución
A	1	2,5	19	117	Figura 48
B	2	5	67	69	Figura 47
C	3	7,5	96	40	Figura 49
D	4	10	135	1	Figura 50

Según el análisis de sensibilidad, se puede determinar que a medida que los costos de línea aumentan, el número de usuarios que va a conectarse a la red es menor ya que a mayor distancia de la fuente de generación un costo de distribución alto conlleva a que el usuario deba tener su propia fuente de generación.

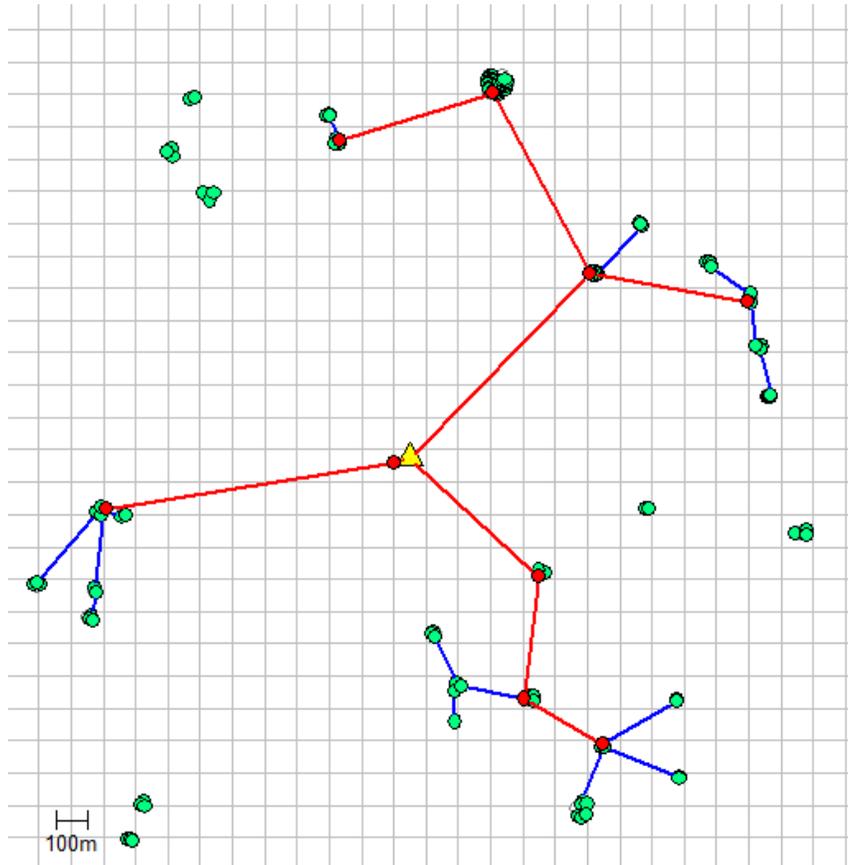


Figura 48. Análisis de sensibilidad caso A

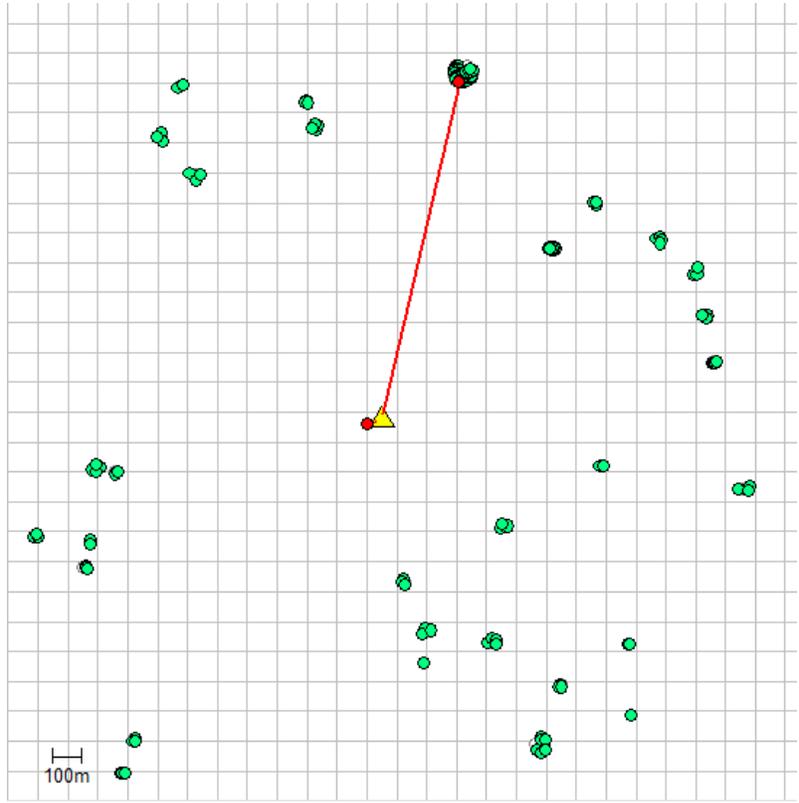


Figura 49. Análisis de sensibilidad caso C

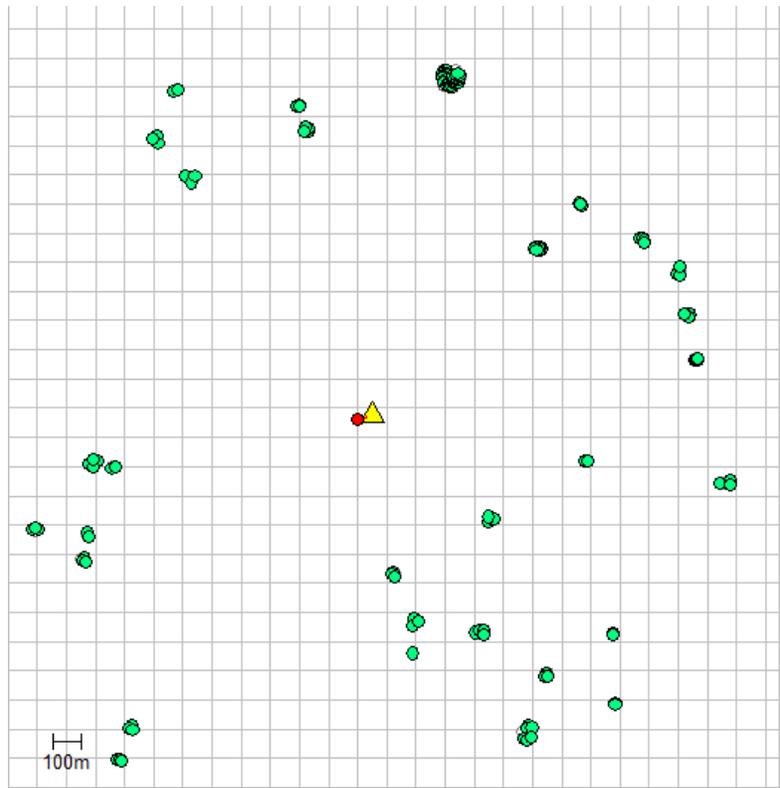


Figura 50. Análisis de sensibilidad caso D

5.8.4. Resultados de Configuración de suministro

La siguiente tabla contiene los resultados de la configuración del sistema de suministro con los costos base de 2 USD/m y 5 USD/m para líneas de baja y media tensión respectivamente.

Tabla 18. Datos de la configuración del sistema de suministro

Máxima longitud de línea de media tensión	400 m
Línea de baja tensión	1.087 m
Línea de media tensión	1.965 m
Usuarios centralizados	67
Usuarios aislados	69
# Transformadores	4
Máxima carga de transformador	74,8 kWh/día
Carga total centralizada	175,8 kWh/día
Costo presente neto del sistema de suministro	653.368 USD

CONCLUSIONES

En esta sección se presentan las principales conclusiones derivadas del desarrollo de este proyecto de investigación:

Se desarrolló una metodología de energización de ZNI que toma como base las propuestas existentes en la literatura, en la que se contempla tanto la interacción con la comunidad que se quiere energizar como el análisis de datos de propios de la zona, de tal manera que la solución resultante sea sostenible considerando criterios de eficiencia energética y usos productivos en la demanda.

Por medio de la aplicación de la metodología propuesta en la comunidad de Majayutpana, se determinó que la demanda diaria para una vivienda típica es de

1,33 kWh/día y para toda la comunidad dentro del radio de acción es de 370 kWh/día mientras que para satisfacer las necesidades propuestas en el centro productivo es de aproximadamente 65 kWh/día.

Considerar criterios de eficiencia energética en el dimensionamiento de un sistema de suministro brinda mayor sostenibilidad a un proyecto, esto se ve reflejado en la estimación de consumo realizado en este trabajo en el que se logró abarcar mayores usos de la energía para necesidades haciendo uso de un 19% menos de energía de la sugerida por el consumo básico de subsistencia del PERS Guajira.

La oferta energética en la zona de estudio comprende potenciales de generación con fuentes alternativas como lo son la solar y eólica, las cuales poseen un recurso promedio anual de 5,86 HPS y 6,2 m/s respectivamente, lo que según la distribución del atlas de potenciales realizado por UPME-IDEAM, se encuentran dentro de la zona con más alto potencial de Colombia.

El mix energético óptimo obtenido para la comunidad permite observar que la optimización del software HOMER prioriza soluciones fotovoltaicas sobre las soluciones híbridas o eólicas, debido a que la disponibilidad de recursos y los costos asociados a la esta tecnológica son más favorables para el sistema, teniendo como resultado en el escenario residencial un COE de 0,519 USD/kWh y un NPC de 3.169 USD; y en el escenario centralizado un COE que varía entre 0,363 USD/kWh y 0,387 USD/kWh para atender un rango de demanda de 50 kWh/día a 400 kWh/día.

El dimensionamiento del sistema de suministro contempla una arquitectura de 0,34 kW de potencia instalada, 2 baterías de 1,33 kWh y una producción anual de 603 kWh para escenario residencial. Para el escenario centralizado la potencia instalada es de 118 kW con una producción anual de para suplir una demanda de aproximadamente 435 kWh y cuenta con un sistema de almacenamiento de 200 baterías de 2,63 kWh/día.

En la configuración del sistema de suministro se evidencia que cuando se presentan altos costos de generación aislada y altos costos en las redes de distribución, el arreglo prioriza la conexión donde hay mayor densidad de cargas. La evaluación de la mejor alternativa de suministro evidenció la influencia de los costos de generación y los asociados a la red de distribución en donde con un costo de 2 USD/m y 5 USD/m en líneas de baja y media tensión respectivamente, se tiene como resultado una configuración mixta que prioriza la distribución centralizada de energía hacia zonas con alta densidad de cargas, dejando 67 usuarios centralizados y los 69 restantes abastecidos por sistemas aislados.

Una gestión eficiente de la demanda que permita desplazar los picos de consumo paralelo a los picos de generación se traduce en la ampliación de la cobertura centralizada debido a que los costos del sistema van a disminuir ya que se necesitará menor capacidad de almacenamiento.

La interacción con la comunidad y el análisis documental representa una base fundamental para la aplicación de la metodología, ya que garantiza la sostenibilidad del proyecto puesto que el diseño y la solución resultante responde directamente a las necesidades y condiciones del sitio permitiendo su desarrollo económico y una mejora en sus condiciones de vida.

Es importante tener en cuenta que la evaluación de proyectos de energización a ZNI debe estar enfocada a priorizar soluciones diseñadas a partir de las necesidades identificadas para garantizar una mejora en la calidad de vida e incentivar el desarrollo de la zona, no como se está haciendo en la mayoría de los proyectos actuales en los cuales la evaluación está dirigida a la tecnología y prevalecen las de menor costo de inversión sobre aquellas que presentan menor costo nivelado de energía y costo presente neto.

El uso de software especializados como HOMER Energy y ViPORA representaron una herramienta permitiendo abarcar un diverso espectro de criterios de análisis tanto técnicos como económicos. fundamental para el análisis de soluciones de energización de manera integral.

Se logró comprender y utilizar el software ViPORA, el cual constituyó una herramienta fundamental en el estudio de la configuración del sistema de suministro de energía. Las pruebas de concepto realizadas haciendo uso de este software representan un aporte a futuros trabajos que requieran del uso de esta herramienta, ya que se encontró escasa documentación sobre su uso.

La solución de ingeniería utilizada para el diseño, planeación y validación de la metodología por medio de la intervención con la comunidad, permitió identificar como el conocimiento empírico existente en una comunidad aporta significativamente al desarrollo de proyectos de investigación en esta área de conocimiento.

RECOMENDACIONES

Se recomienda trabajar en el desarrollo de proyectos y soluciones similares validando con diferentes tipos de comunidades e involucrando actores públicos y privados para su implementación.

Para la implementación de las soluciones obtenidas por medio de la aplicación de esta metodología, se recomienda elaborar *actas de concertación y compromisos* con la comunidad con el fin de generar un ambiente propicio para el desarrollo y correcto funcionamiento del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. ANEXO 2

Se propone impulsar la participación de la comunidad en programas de financiación para llevar a cabo proyectos productivos que les permitan mantener a largo plazo la solución a la que se llegó por medio del desarrollo de este trabajo.

Se recomienda trabajar en las comunidades a partir del fortalecimiento de las capacidades endógenas de tal manera que sean capaces de formular y desarrollar proyectos para su propio beneficio.

Se recomienda que se desarrollen otros proyectos de investigación en los que se como base este trabajo y se generen nuevas versiones de la metodología planteada.

Finalmente se recomienda realizar un monitoreo periódico de la comunidad en la cual se hizo la intervención en el que se involucren equipos multidisciplinarios y se aporte al desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFIA

- Akella, A. K., Sharma, M. P., & Saini, R. P. (2007). Optimum utilization of renewable energy sources in a remote area. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 894-908.
- Bhatia, M., & Angelou, N. (2015). Beyond Connections. Energy access redefined
- Cadena, "Acciones y retos para energización de las ZNI en el país," Grup. Cober. y Zo. ZNI, p. 29, 2012..
- Carrasco, A. (2014). Usos productivos de la electricidad en zonas rurales. *Soluciones prácticas*.
- C. D. C. (2014). Informe socioeconómico del departamento de La Guajira 2014.
- Corpoema, C. E. (2010). Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). *Bogotá, Septiembre, 6*.
- CorpoEma - UPME. (14 de Octubre de 2010). *UPME*. Obtenido de http://www.upme.gov.co/sigic/Informes/Informe_Avance_02.pdf
- Cusarúa, A. A., & Quiroga, J. V. (2013). Estudio del potencial de generación de energía eólica en la zona del páramo de Chontales, municipios de Paipa y Sotaquirá, departamento de Boyacá a 3534 msnm. *Revista Avances: Investigación en Ingeniería*, 10
- DANE. (2005). Proyecciones 2011 censo del 2005
- De Kuyper, J. C. V. (2014). Fuentes de energía renovables y no renovables. Aplicaciones. *Revista EAN*, (77), 216-218.
- ENDESA. (s.f.). www.endesaeduca.com. Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/smart-city/generacion-distribuida
- ESSA. (s.f.). *Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución*. Bucaramanga.
- Energy, H. O. M. E. R. (2016). HOMER® Pro Version 3.7-User Manual.
- Hernández Menjívar, F. A. (2011). *Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red monocristalino, policristalino y amorfo instalados en CEL* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- ICONTEC, N. (2004). 1340: Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público.
- IPSE, USAID, Planes de energización rural sostenible – pers- herramienta de información para el desarrollo rural. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Zni/documentos/Resultados_PERS.pdf
- IRENA. (Junio de 2012). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf

- IRENA. (Enero de 2015). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de Renewable power generation costs in 2014: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_power_costs_2014_report.pdf
- IRENA. (Octubre de 2017). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de <http://www.irena.org/publications/2017/Oct/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>
- Jardini, J. A., Tahan, C. M., Gouvea, M. R., Ahn, S. U., & Figueiredo, F. M. (2000). Daily load profiles for residential, commercial and industrial low voltage consumers. *IEEE Transactions on power delivery*, 15(1), 375-380.
- Kanase Patil, A. B., Saini, R. P., & Sharma, M. P. (2008). Integrated Renewable energy system for off grid electrification of remote rural area. *Renewable Energy and Environment for Sustainable Development*, 169.
- La Guajira podría generar toda la energía de Colombia. (30 de Marzo de 2017). *EL TIEMPO*.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Los beneficios del acceso a la energía sostenible*. Obtenido de <http://www.un.org/es/events/sustainableenergyforall/help.shtml>
- Nässén, J., Evertsson, J., & Andersson, B. A. (2002). Distributed power generation versus grid extension: an assessment of solar photovoltaics for rural electrification in Northern Ghana. *Progress in photovoltaics: research and applications*, 10(7), 495-510.
- NREL. (Febrero de 2016). *National Renewable Energy Laboratory*. Obtenido de <https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe-re-cost-est.html>
- PEREIRA, L. (2000). *Eletrificação Rural com Sistemas Fotovoltaicos: Estudo de Caso Utilizando o Programa VIPOR*.
- PERS Guajira. (2016). *Demanda energética en departamento de La Guajira*. Riohacha.
- Ramón, O., & Luis, J. (2009). Criterios de evaluación y análisis de alternativas para el diseño de proyectos de electrificación rural con energía eólica y solar en países en desarrollo (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Ranjevaa, M., & Kulkarnia, A. K. (2012). Design optimization of a hybrid, small, decentralized power plant for remote/rural areas. *Energy Procedia*, 20, 258-270
- SOLAR H Martinez, 2016 Energias Renovables
- Ugirimbabazi, O. (2015). *Analysis of Power System Options for Rural Electrification in Rwanda* (Master's thesis, Universitetet i Agder; University of Agder).
- UPME. (s.f.). Obtenido de <http://www.upme.gov.co/zni/>
- UPME - IDEAM. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. Bogotá.

- UPME - IDEAM. (2006). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia*. Bogotá.
- UPME. (Dicimembre de 2013). *UPME*. Obtenido de <http://www.upme.gov.co/Docs/Guia%20presentacion%20de%20proyectos.pdf>
- UPME. (2015). *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050*. Bogotá.
- UPME. (2014). *Plan Indicativo de Cobertura de Energía Eléctrica*. Obtenido de http://www.siel.gov.co/Siel/Portals/0/Piec/Libro_PIEC.pdf
- UPME. (Junio de 2015). *Sistema de informacion electrico colombiano*. Obtenido de http://www.siel.gov.co/portals/0/fondos/Guia_de_un_PERS.pdf
- UPME. (s.f.). *UPME*. Obtenido de <http://www.upme.gov.co/zni/InformaciondelSector/Normatividad/tabid/58/Default.aspx>
- Woldeyohannes, A. D., Woldemichael, D. E., & Baheta, A. T. (2016). Sustainable renewable energy resources utilization in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 1-9.

ANEXOS

**Diseño de instrumentos de
encuesta en la caracterización
del consumo básico de energía
final**

Formulario Sector Residencial

Junio de 2014

Buenos días o tardes, mi nombre es _____, trabajo para el Programa de Energización Rural Sostenible y en este momento estamos realizando un estudio conjuntamente con el SENA y Corpoguajira sobre usos y consumo de energía en el sector rural. Solicitamos su colaboración con esta encuesta donde sus respuestas tendrán un tratamiento confidencial y serán utilizadas con fines estadísticos y académicos.

Formulario **FORMU**

Nombre encuestador

ENCUESTADOR

Fecha Encuesta
Día **FDIA** Mes **FMES**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA

1. Nombre de la persona que contesta la encuesta

NOMBRE

Municipio **MPIO**

2. Datos de ubicación de la vivienda **(UR) R2**

- | | | | |
|--------------------------------|---|---|-------------|
| R2.1 Cabecera Municipal | 1 | ⇒ | 4 |
| Corregimiento | 2 | | R2.2 |
| Caserío | 3 | | R2.3 |
| Inspección de policía | 4 | | R2.4 |
| Centro poblado sin clasificar | 5 | | R2.5 |
| Vereda | 6 | | R2.6 |

3. Nombre de la localidad

R3

(Diligenciar cuando aplique en Alta Guajira)

Nombre de la comunidad o ranchería

R3.1

2. CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA

4. Tipo de vivienda **(UR) R4**

- | | | |
|-------------------------|---|-------------|
| Casa | 1 | R4.1 |
| Apartamento en Edificio | 2 | R4.2 |
| Otro,Cuál? | | R4.3 |

5. ¿Cuántos hogares residen en la vivienda? (familiares o no)

R5

6. ¿Cuántas personas componen el hogar?

R6

7. Por favor indique el número de cuartos del hogar:

Sala	R7.1	Cocina	R7.2
Comedor	R7.3	Baño	R7.4
Habitaciones	R7.5	Garage	R7.6
Bodega	R7.7	Otro, _____	R7.8

8. La vivienda es: **(UR) R8**

- | | | |
|--|---|-------------|
| Propia totalmente pagada | 1 | R8.1 |
| Propia y la están pagando | 2 | R8.2 |
| En arriendo o sub arriendo | 3 | R8.3 |
| En Usufructo (prestada, ocupante de hecho) | 4 | R8.4 |
| Compartida con familiares u otros | 5 | R8.5 |
| Administrador o cuidador del predio | 6 | R8.6 |

9. El uso de la vivienda es exclusivamente: **(UR) R9**

- | | | |
|-------------------------|---|-------------|
| Residencial | 1 | R9.1 |
| Residencial / Comercial | 2 | R9.2 |
| Residencial / Cultivos | 3 | R9.3 |
| Otro,Cuál? | | R9.4 |

10. ¿Cuál es el material predominante de las paredes exteriores? **(UR) R10**

- | | |
|--|---|
| R10.1 Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida | 1 |
| R10.2 Tapia pisada, adobe, bahareque | 2 |
| R10.3 Madera burda, tabla, tablón | 3 |
| R10.4 Material prefabricado | 4 |
| R10.5 Guadua, esterilla, otros vegetales | 5 |
| R10.6 Zinc, tela, cartón, desechos, plásticos | 6 |
| R10.7 Sin paredes | 7 |

11. ¿Cuál es el material predominante de los pisos? **(UR)**

R11	R11.1	Baldosa, tableta, ladrillo	1
	R11.2	Cemento, gravilla	2
R11.3		Madera burda, tabla, tablón, otro vegetal	3
	R11.4	Tierra, arena	4
	R11.5	Otro	5

16. ¿De qué forma eliminan las basuras? **(MR)** **R16**

Sistema de recolección de basuras	1	R16.1
Entierran la basura	2	R16.2
Queman la basura	3	R16.3
Tiran la basura a un patio, zanja o lote baldío	4	R16.4
Tiran la basura a un río, caño, quebrada o laguna	5	R16.5
Otra cual? _____		R16.6

3. SERVICIOS PÚBLICOS

12. ¿De dónde proviene generalmente el agua para consumo humano (preparar alimentos)? **(UR)**

R12	R12.1	Acueducto Municipal	1	14
	R12.2	Acueducto Veredal	2	
	R12.3	Pozo con bomba	3	
R12.4		Pozo sin bomba, jaguey, aljibe	4	
	R12.5	Río, quebrada	5	
	R12.6	Agua lluvia	6	13
R12.7		Agua embotellada o en bolsa	7	
	R12.8	Pila Pública	8	
	R12.9	Carrotanque, aguatero	9	

17. La vivienda cuenta con: **(Nombrar todas las alternativas)**

R17		Sí	No
	Teléfono fijo con línea	1	2 R17.1
	Teléfono celular	1	2 R17.2
	Equipo de radio para comunicaciones	1	2 R17.3
	Internet	1	2 R17.4

4. IDENTIFICACIÓN USO DE ENERGÍA

18. ¿La vivienda **utiliza** servicio de energía eléctrica?

(UR)	R18		
R18.1	No utiliza energía eléctrica	1	⇒ 27
	Sí, conectado a la red pública (interconexión)	2	R18.2
	Sí, a través de planta municipal	3	R18.3
	Sí, a través de planta propia	4	R18.4
	Sí, a través de planta compartida	5	R18.5

13. ¿Cuánto tiempo o cuánta distancia recorre para llevar el agua a su casa?

Tiempo o distancia **R13.1**

R13.2

Minutos	1
Horas	2
Metros	3
Kilómetros	4

(Señale el tipo de unidad de tiempo o de distancia nombrado por el entrevistado)

19. ¿Cuenta con medidor de energía eléctrica?

R19	Sí	1
	No	2

14. La vivienda cuenta con:

R14	Sí	No
Alcantarillado	1	2

20. ¿Cuántos días a la semana tiene el servicio de energía eléctrica? **R20**

15. El servicio sanitario es: **(UR)** **R15**

R15.1	Inodoro conectado a alcantarillado	1
R15.2	Inodoro conectado a pozo séptico	2
R15.3	Inodoro sin conexión, letrina o bajamar	3
R15.4	No tiene servicio de Sanitario	4

21. ¿Cuántas horas al día tiene el servicio?

Todo el día **24**

Número de horas al día **R21**

Obs:

22. ¿Podría facilitarnos un recibo de pago de energía eléctrica?
(preferible el más reciente)

Sí No

R22 1 2 ⇒ **24**

23. De acuerdo con el recibo diligencie lo siguiente:

Periodo facturado

Valor pagado

Consumo en Kwh

Promedio diario de los últimos seis meses

Estrato Socioeconómico

Pase a 25

24. ¿Podría decirnos cuánto pagó por el servicio el último mes o un mes que recuerde?

Mes

Valor Pagado

25. ¿En una semana normal con qué frecuencia tiene interrupciones del servicio de energía eléctrica? **(UR)**

R25

Todos los días 1 **R25.1**

De dos a tres días a la semana 2 **R25.2**

De cuatro a cinco días a la semana 3 **R25.3**

Un día a la semana 4 **R25.4**

Tengo interrupciones con menor frecuencia 5 **R25.5**

R25.6 No tengo interrupciones 6 ⇒ **40**

26. Por favor indique en promedio de cuánto tiempo son estos cortes:

Horas Minutos

Si está interconectado (2 en preg 18) ⇒ ⇒ **Pase a 40**

Si no está Interconectado (3, 4, 5 preg 18) ⇒ **Continúe**

5. DISPONIBILIDAD A PAGAR ENERGÍA ELÉCTRICA

27. ¿De contar con energía eléctrica de manera confiable, usted estaría dispuesto a pagar una tarifa mensual?

R27

Sí 1 ⇒ **29**

No 2

28. ¿Por qué razón no estaría dispuesto a pagar?

R28 (UR)

No tengo el dinero suficiente 1 **R28.1**

No necesito el servicio 2 **R28.2**

Lo debe pagar el municipio o el Estado 3 **R28.3**

Otra, cuál? **R28.4**

Pase a 31

29. ¿Estaría dispuesto a pagar la cantidad de \$323.000 por la conexión o acometida al servicio de la red, pactando algunas cuotas? **R29**

(Explicar este valor con base en la información de ELECTRICARIBE)

No 2 **R29.1**

Sí 1 ⇒ **30** **R29.2**

¿De no pagar todo, cuánto estaría dispuesto a pagar también por cuotas? \$

30. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente, una vez que cuente con el servicio?

\$

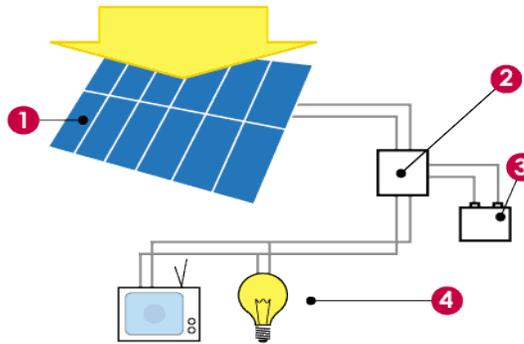
31. Bien sea por el tema de costos o por el difícil acceso, al menos en el corto plazo no es posible que se conecte a la red eléctrica, pero hay alternativas para que usted pueda iluminarse, ver TV, escuchar radio, cargar el celular, entre otros.

También existen otras opciones que se pueden usar para la cocción de alimentos.

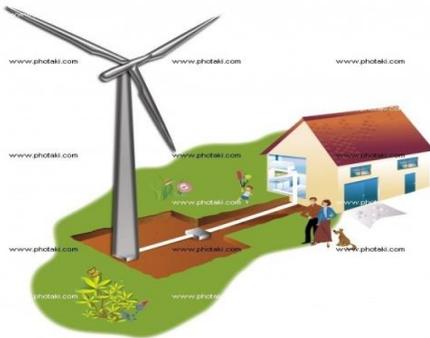
Explique al informante sobre los sistemas de Energías Renovables que pueden usarse para generar electricidad o para los procesos de cocción de alimentos bien sea para la comunidad o para la vivienda

Mostrar los dibujos

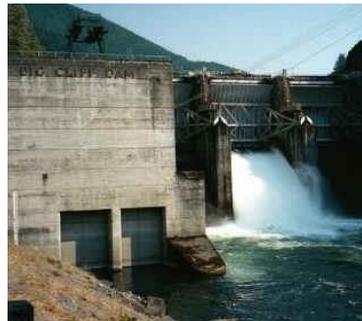
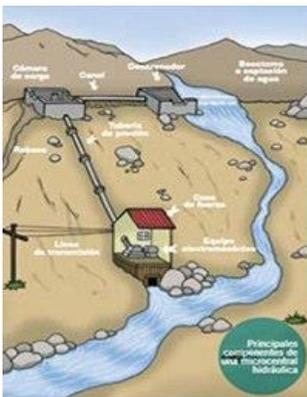
Sistema Solar Fotovoltáica



Energía Eólica



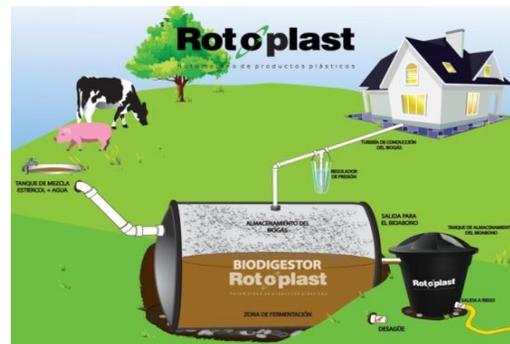
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas



Biodigestores - Opción para cocinar



FIGURA 2. Biodigestor en bolsa doble de polietileno de bajo costo, modelo Taiwán, recién instalado (aún sin techo, ni cerca periférica), operando en una finca familiar.



32. Había oído hablar de algunos de estos sistemas:

R32	(Enuncie todas las opciones)	Sí	No
R32.1	Sistema Solar Fotovoltáico	1	2
R32.2	Energía Eólica	1	2
R32.3	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	1	2
R32.4	Biodigestores	1	2

6. DISPONIBILIDAD A PAGAR ENERGÍAS RENOVABLES

33. ¿De contar con alguno de estos sistemas en su hogar usted estaría dispuesto a pagar una tarifa mensual?

R33	Sí	No	⇒	34A
	1	2		

34. ¿Por qué razón no estaría dispuesto a pagar? (UR)

R34	No tengo el dinero suficiente	1	R34.1
	No necesito el servicio	2	R34.2
	Lo debe subsidiar el municipio o el Estado	3	R34.3
	Otra, cuál? _____		R34.4

Pase a 40

34A.Cuál de los sistemas solares presentados le llama más la atención?

R34A	Sistema básico sencillo	1	⇒	35
	Sistema básico completo	2	⇒	36

35. Por la instalación de este sistema sencillo usted estaría dispuesto a pagar \$750.000 pactado por cuotas?

(Explicar costos y alcances de la inversión)	No	Sí	⇒	37
	2	1		

De no pagar todo lo que cuesta la inversión, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar también por cuotas?

R35 \$

Pase a 37

36. Por la instalación de este sistema completo usted estaría dispuesto a pagar \$2.800.000 pactado por cuotas?

(Explicar costos y alcances de la inversión)	No	Sí	⇒	37
	2	1		

De no pagar todo lo que cuesta la inversión, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar también por cuotas?

R36 \$

37. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente, una vez que cuente con el servicio?

\$

38. Si se tratara de un biodigestor, estaría dispuesto a pagar como inversión la cantidad de \$ 2.700.000 pactando algunas cuotas? R38

No	Sí	⇒	40
2	1		

39. ¿De no pagar todo, cuánto estaría dispuesto a pagar también por cuotas? \$

7. USOS DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN

40. ¿Cuál es la fuente de iluminación principal en la vivienda?

(Si no utiliza energía eléctrica, marque la opción y siga con la 41) (UR)

Energía Eléctrica	1	⇒	42
Energía Eléctrica vía renovables (solar)	2	⇒	42
Lámpara de Gas Propano	3	R40.3	
Lámpara de Kerosene o petróleo	4	R40.4	
Lámpara de Gasolina	5	R40.5	
Velas	6	R40.6	
Pilas o baterías	7	R40.7	
Leña.fogón	8	R40.8	

41. ¿En promedio cuántas horas al día utiliza esta fuente de iluminación?

Horas Minutos

Pase a 43

42. Indique el número, tipo y horas de uso de bombillos para iluminación.

Horas de uso diario de los bombillos

		En la mañana A.M		En la tarde P.M		Total horas uso día
Nro	Potencia	Horas	Minutos	Horas	Minutos	
Incandescentes	R42.1	R42.1.1	R42.1.2	R42.1.4	R42.1.5	
Incandescentes	R42.2	R42.2.1	R42.2.2	R42.2.4	R42.2.5	
Incandescentes	R42.3	R42.3.1	R42.3.2	R42.3.4	R42.3.5	
Ahorradores	R42.4	R42.4.1	R42.4.2	R42.4.4	R42.4.5	
Fluorescentes	R42.5	R42.5.1	R42.5.2	R42.5.4	R42.5.5	



8. USO DE ENERGÍA EN REFRIGERACIÓN

43. ¿Usa nevera o refrigerador?

R43

Sí 1 ⇒ 44
No 2 ⇒ 45

44. Indique el tipo de nevera o refrigerador

(Señale todos los que tenga)

R44

Tipo	Nro	Marca	Volumen	P/L	
Nevera	1	R44.1.1	R44.1.2	R44.1.3	R44.1.4
Cavas	2	R44.2.1	R44.2.2	R44.2.3	R44.2.4
Nevecón	4	R44.3.1	R44.3.2	R44.3.3	R44.3.4
Congelador	5	R44.4.1	R44.4.2	R44.4.3	R44.4.4
Botelleros	6	R44.5.1	R44.5.2	R44.5.3	R44.5.4

(el volumen se refiere al tamaño en pies³ o litros)

9. USO DE ENERGÍA EN ADECUACIÓN DE AMBIENTE

45. ¿Usa aire acondicionado o ventilador ?

R45

Sí 1 ⇒ 46
No 2 ⇒ 47

Obs:

46. Tipo de aire acondicionado o ventilador

(Señale todos los que tenga)

Tipo	Nro	Potencia	Horas uso día	
Ventana	1	R46.1.1	R46.1.2	R46.1.3
Split	2	R46.2.1	R46.2.2	R46.2.3
Mini Split	3	R46.3.1	R46.3.2	R46.3.3
Amoniaco	8	R46.4.1	R46.4.2	R46.4.3
Ventilador 1	9	R46.5.1	R46.5.2	R46.5.3
Ventilador 2	9	R46.6.1	R46.6.2	R46.6.3
Ventilador 3	9	R46.7.1	R46.7.2	R46.7.3



47. Usa algún sistema para agua caliente o calefacción?

R47

Sí 1 ⇒ 48
No 2 ⇒ 49

Obs:

48. Por favor indique el tipo y tiempo de uso

R48

			Galones	min día
Calentador a gas	1	⇒	R48.1.1	R48.1.2
Calentador a gas de paso	2	⇒	⇒ R48.2.1	
Calentador Eléctrico	2	⇒	R48.3.1	R48.3.2
Ducha eléctrica	3	⇒	⇒ R48.4.1	
Equipo calefacción a gas	4	⇒	Potencia	R48.5.1
Equipo calefacción eléctrico	5	⇒	R48.6.1	R48.6.2

50. ¿En general qué combustible usa **principalmente** para cocinar? (UR)

R50.1 Gas natural por tubería	1
R50.2 Gas propano	2
R50.3 Energía eléctrica	3
R50.4 Kerosene, Gasolina	4
R50.5 Carbón vegetal	5
R50.6 Leña comprada	6
R50.7 Leña autoapropiada	7
R50.8 Otro, Cuál? _____	

10. USO DE ENERGÍA EN COCCIÓN

49. ¿En qué lugar de la vivienda cocinan? (UR)

R49

Al aire libre	1
En un cuarto exclusivo sólo para cocinar	2
En un dormitorio o cuarto compartido	3
Ninguna parte	4

51. ¿Cuántas hornillas tiene la estufa?

R51

Para estufas eléctricas especificar potencia

Número	Potencia	
R51.1	R51.1.1	W
R51.2	R51.2.1	W
R51.3	R51.3.1	W

(Atención: Relizar registro fotográfico)

52. Regularmente cuánto tiempo demora preparando los alimentos:

R52

	Horas	Minutos	Para cuántas personas (hogar y No hogar)	Estufas eléctricas: Nro de hornillas utilizadas
Desayuno	R52.1.1	R52.1.2	R52.1.3	R52.1.4
Almuerzo	R52.2.1	R52.2.2	R52.2.3	R52.2.4
Comida	R52.3.1	R52.3.2	R52.3.3	R52.3.4
Calentar/hervir /agua	R52.4.1	R52.4.2	R52.4.3	R52.4.4
Preparación café, té o aromática	R52.5.1	R52.5.2	R52.5.3	R52.5.4
Otra; cuál? _____	R52.6.2	R52.6.3	R52.6.4	R52.6.5
Otra; cuál? _____	R52.7.2	R52.7.3	R52.7.4	R52.7.5

53. ¿Utiliza una segunda estufa para cocinar?

R53

Sí	1	⇒	54
No	2	⇒	56

54. ¿Cada cuánto usa esta segunda estufa? **R54**

Cada **R54.1** **R54.2**

Días	1
Semanas	2
Meses	3

55. ¿Podría indicarme qué combustible utiliza para la segunda estufa? (UR)

R55

Gas natural por tubería	1	R55.1	Carbón vegetal	5	R55.5
Gas propano	2	R55.2	Leña comprada	6	R55.6
Energía eléctrica	3	R55.3	Leña autoapropiada	7	R55.7
R55.4 Kerosene, Gasolina	4		Otro, Cuál? _____		R55.8

56. ¿Usa otros equipos que consuman combustible? Combustible

Sí, motores	1	R56.1
Sí, Planta eléctrica	2	R56.2
Otro, Cual? _____	3	R56.3.1

57. ¿Cuánto gasta de combustible (**registrado en P50 excluida la energía eléctrica y gas natural**) para cocinar y otros usos en el hogar? **(Si se tienen dos estufas, se debe registrar la información de los dos combustibles, igual para plantas eléctricas)**

	Cantidad	Unidad	Periodo			Valor pagado por unidad	
			Cada	D	S		M
Gas propano	R57.1.1	R57.1.2	R57.1.3	1	2	3	\$ R57.1.5
Kerosene / Gasolina / ACPM	R57.2.1	R57.2.2	R57.2.3	1	2	3	\$ R57.2.5
Carbón vegetal	R57.3.1	R57.3.2	R57.3.3	1	2	3	\$ R57.3.5
Leña comprada	R57.4.1	R57.4.2	R57.4.3	1	2	3	\$ R57.4.5
Leña autoapropiada	R57.5.1	R57.5.2	R57.5.3	1	2	3	R57.5.5
Otro, Cuál? _____	R57.6.1	R57.6.2	R57.6.3	1	2	3	\$ R57.6.5

Unidades de Medida a tener en cuenta

Gas propano : Cilindro de Libras **Kerosene:** Litros, Galones, Botellas (indagar capacidad)
Carbón vegetal Kilos, Bultos (indagar peso del bulto) **Gasolina:** en cm3
 Kgr

Atención: Si consume leña : diligencie el cuadro de pesaje (Preg 58) . Sí no consume leña pase a 65

58. **PESAJE DE LEÑA:** ¿Podría por favor seleccionar la cantidad de leña que utiliza en un día para cocinar?

Peso Kgr Esta leña que se acaba de pesar es suficiente para:
 Un día completo Una comida

¿A qué especie de madera pertenece la leña?

Atención: Si consume leña autoapropiada pase a 59. Sí consume leña comprada pase a 62

59. ¿De dónde extrae la leña para cocinar? **(UR)**

(Principalmente) Terreno propio
R59 Terreno público o baldío (monte)
 Terreno de un particular
 Residuos de aserraderos o carpintería
 Otro, Cuál? _____

62. ¿Dónde compra regularmente la leña? **(UR)**

R62 En un distribuidor o tienda
 En la plaza de mercado
 En un aserradero como residuos de madera
 A domicilio en la vivienda
 Otro, Cuál? _____

60. ¿Cada cuánto recolecta leña para cocinar?

Cantidad Frecuencia
 Día Sem Mes

63. ¿Qué tipo de estufa de leña tiene? **(UR)**

R63 Fogón simple de tres o cuatro piedras
 Fogón con parrilla para colocar las ollas
 Estufa con plancha sin chimenea
 Estufa con plancha y con chimenea
 Otro, Cuál? _____

61. ¿Cuánto tiempo o cuánta distancia recorre para llevar la leña a su casa? Tiempo o distancia

R61.2
(Señale el tipo de unidad de tiempo o de distancia nombrado por el entrevistado)
 Minutos
 Horas
 Metros
 Kilómetros

64. ¿A qué hora prende la estufa de leña? Hora Minutos

La mantiene prendida todo el día? Sí No

Sí compra leña continúe, si no pase a 63

65. ¿Utiliza horno para preparar alimentos?

R65

Sí 2 1 No 1 ⇒ **69**

67. Especificaciones del horno eléctrico:

	Potencia		Número
Convencional	R67.1.2 w		R67.1.1
Microondas	R67.2.2 w		R67.2.1
Dorador	R67.3.2 w		R67.3.1

66. ¿Qué combustible utiliza para el horno? (UR)

Gas propano	<input type="checkbox"/> 1	Carbón vegetal	<input type="checkbox"/> 4
Energía eléctrica	<input type="checkbox"/> 2 ⇒ 67	Leña comprada	<input type="checkbox"/> 5
Kerosene	<input type="checkbox"/> 3	Leña autoapropiada	<input type="checkbox"/> 6
Otro, Cuál?			R66.7

R66 **Pase a 68**

68. ¿Cada cuánto lo usa?

No utiliza 0

Cantidad **R68.1** Frecuencia **R68.2**

1 2 3

Día Sem Mes

Minutos de uso diario **R68.3**

11. USO DE ENERGÍA EN APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

69. ¿El hogar dispone de los siguientes aparatos domésticos?

	No		Sí		Número	Especificaciones de los aparatos	Tiempo de uso		Frecuencia				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Horas	Minutos	Nro días	S	M		A
Olla arrocera	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.1.2	Especificaciones de los aparatos Libras R69.6.3 Potencia <input type="text"/> Pulgadas Tipo* <input type="text"/> R69.12.3 Tipo* <input type="text"/> R69.13.3	R69.1.3	R69.1.4	R69.1.5	1	2	3	R69.1.6
Plancha	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.2.2		R69.2.3	R69.2.4	R69.2.5	1	2	3	R69.2.6
Sanduchera	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.3.2		R69.3.3	R69.3.4	R69.3.5	1	2	3	R69.3.6
Cafetera	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.4.2		R69.4.3	R69.4.4	R69.4.5	1	2	3	R69.4.6
Secadora	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.5.2		R69.5.3	R69.5.4	R69.5.5	1	2	3	R69.5.6
Lavadora	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.6.2		R69.6.4	R69.6.5	R69.6.6	1	2	3	R69.6.7
Brilladora	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.7.2		R69.7.3	R69.7.4	R69.7.5	1	2	3	R69.7.6
Licuada	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.8.2		R69.8.3	R69.8.4	R69.8.5	1	2	3	R69.8.6
Aspiradora	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.9.2		R69.9.3	R69.9.4	R69.9.5	1	2	3	R69.9.6
Radio	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.10.2		R69.10.3	R69.10.4	R69.10.5	1	2	3	R69.10.6
Equipo de sonido	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.11.2		R69.11.3	R69.11.4	R69.11.5	1	2	3	R69.11.6
Televisor	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.12.2		R69.12.4	R69.12.5	R69.12.6	1	2	3	R69.12.7
Televisor	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.13.2		R69.13.4	R69.13.5	R69.13.6	1	2	3	R69.13.7
Teatro en casa	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.16.2	R69.16.3	R69.16.4	R69.16.5	1	2	3	R69.16.6	
DVD	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.17.2	R69.17.3	R69.17.4	R69.17.5	1	2	3	R69.17.6	
Secador cabello	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.18.2	R69.18.3	R69.18.4	R69.18.5	1	2	3	R69.18.6	
Computador	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.19.2	R69.19.3	R69.19.4	R69.19.5	1	2	3	R69.19.6	
Otro, _____	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.21.2	R69.21.3	R69.21.4	R69.21.5	1	2	3	R69.21.6	
Planta eléctrica	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	R69.20.2	R69.20.4	R69.20.5	R69.20.6	1	2	3	R69.20.7	

Cap. **R69.20.3**
Combustible

*Tipo de Televisor: Convencional = 1, LCD = 2, Plasma = 3, LED = 4.

P11. SOBRE LAS PERSONAS DEL HOGAR - PARENTESCO E INFORMACIÓN BÁSICA

70. ¿Podría suministrararnos alguna información sobre las personas que viven en su hogar, comenzando con el jefe?

(Pregunte y liste los miembros del hogar) Atención: Número personas igual a pregunta 6

	 Servicio Nacional de Aprendizaje  Plan de Energización Rural Sostenible NOMBRE	Género		Edad años cumplidos	¿Sabe leer?		¿Sabe hacer cuentas?		¿Contribuye e con ingresos al hogar?		Asiste a establecimiento educativo?		Nivel educativo alcanzado* Ver tabla de codificación abajo ↓	Actividad Principal 1. Agricultura, pecuaria o silvicultura 2. Minería, Industria Manufacturera 3. Comercio 4. Servicios 5. Pensionado 6. Estudiante 7. Inactivo 8. Hogar	¿Afiliado a salud? 1. No 2. Sí, régimen contributivo 3. Sí, régimen subsidiado (Verificar con tarjeta)
		F	M		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO			
Jefe hogar	R70.1	NO APLICA	R70.1.1	R70.1.2	R70.1.3	R70.1.4	R70.1.5	R70.1.6	R70.1.7	R70.1.8	R70.1.9				
Miembro 2	R70.2	R70.2.1	R70.2.2	R70.2.3	R70.2.4	R70.2.5	R70.2.6	R70.2.7	R70.2.8	R70.2.9	R70.2.10				
Miembro 3	R70.3	R70.3.1	R70.3.2	R70.3.3	R70.3.4	R70.3.5	R70.3.6	R70.3.7	R70.3.8	R70.3.9	R70.3.10				
Miembro 4	R70.4	R70.4.1	R70.4.2	R70.4.3	R70.4.4	R70.4.5	R70.4.6	R70.4.7	R70.4.8	R70.4.9	R70.4.10				
Miembro 5	R70.5	R70.5.1	R70.5.2	R70.5.3	R70.5.4	R70.5.5	R70.5.6	R70.5.7	R70.5.8	R70.5.9	R70.5.10				
Miembro 6	R70.6	R70.6.1	R70.6.2	R70.6.3	R70.6.4	R70.6.5	R70.6.6	R70.6.7	R70.6.8	R70.6.9	R70.6.10				
Miembro 7	R70.7	R70.7.1	R70.7.2	R70.7.3	R70.7.4	R70.7.5	R70.7.6	R70.7.7	R70.7.8	R70.7.9	R70.7.10				
Miembro 8	R70.8	R70.8.1	R70.8.2	R70.8.3	R70.8.4	R70.8.5	R70.8.6	R70.8.7	R70.8.8	R70.8.9	R70.8.10				
Miembro 9	R70.9	R70.9.1	R70.9.2	R70.9.3	R70.9.4	R70.9.5	R70.9.6	R70.9.7	R70.9.8	R70.9.9	R70.9.10				
Miembro 10	R70.10	R70.10.1	R70.10.2	R70.10.3	R70.10.4	R70.10.5	R70.10.6	R70.10.7	R70.10.8	R70.10.9	R70.10.10				
Miembro 11	R70.11	R70.11.1	R70.11.2	R70.11.3	R70.11.4	R70.11.5	R70.11.6	R70.11.7	R70.11.8	R70.11.9	R70.11.10				
Miembro 12	R70.12	R70.12.1	R70.12.2	R70.12.3	R70.12.4	R70.12.5	R70.12.6	R70.12.7	R70.12.8	R70.12.9	R70.12.10				
Miembro 13	R70.13	R70.13.1	R70.13.2	R70.13.3	R70.13.4	R70.13.5	R70.13.6	R70.13.7	R70.13.8	R70.13.9	R70.13.10				
Miembro 14	R70.14	R70.14.1	R70.14.2	R70.14.3	R70.14.4	R70.14.5	R70.14.6	R70.14.7	R70.14.8	R70.14.9	R70.14.10				

El Parentesco debe ser con el jefe y se debe colocar el número: 1: Jefe/a, 2: Cónyuge, 3: Hijo(a), 4: Hermano, 5: Padres, 6: Otros

- * Nivel educativo:**
- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 Ninguno | 4 Básica primaria completa | 7 Técnico o tecnológico incompleto |
| 2 Preescolar | 5 Secundaria media incompleta | 8 Técnico o tecnológico completo |
| 3 Básica primaria incompleta | 6 Secundaria media completa | 9 Universitario incompleto |
| | | 10 Universitario completo |

11. ECONOMÍA DEL HOGAR

71. Teniendo en cuenta todos los ingresos, ¿Podría señalarme en qué rango se encuentra el ingreso mensual del hogar? **(Mostrar tarjeta)**

R71	Menos de \$ 100.000	1
	Entre \$100.001 y \$150.000	2
	Entre \$150.001 y \$200.000	3
	Entre \$200.001 y \$250.000	4
	Entre \$250.001 y \$500.000	5
	Entre \$500.001 y \$750.000	6
	Entre \$750.001 y 1.000.000	7
	Entre \$1.000.001 y \$1.500.000	8
	Entre \$1.500.001 y \$2.000.000	9
	Entre \$2.000.001 y \$3.000.000	10
	Entre \$3.000.001 y \$5.000.000	11
	Más de \$5.000.001	12
	No sabe / No responde	99

72. Usted tiene conocimiento o ha oído hablar si en esta localidad (vereda, corregimiento o ranchería) se han formulado proyectos productivos o de energía?

R72 Sí 1 No 2 ⇒ **74**

73. Podría decirme qué tipos de proyectos? **(MR)**

(Registre todos los tipos mencionados) **R73**

R73.1	Agropecuarios	1
R73.2	Industriales y manufactura	2
R73.3	De infraestructura social - Energía	3
R73.4	Otros de infraestructura social	4
	De infraestructura económica	5
R73.5	De servicios	6
	Otro, Cuál? _____	R73.6

74. Usted o algún miembro del hogar pertenece o participa en alguna de las siguientes agrupaciones o asociaciones?

	Sí	No	
R74	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	R74.1
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	R74.2
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	R74.3
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	R74.4
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	R74.5

75. Para terminar y con el objeto de realizar alguna revisión posterior, ¿Usted podría suministrarnos su nombre y teléfono de contacto?

Sí 1 No 2 ⇒ **FIN**

Nombre

R76

Teléfono celular

Muchas gracias por su colaboración!!

Coordenada GPS:

Lg **R75.2**

Lt **R75.1**

Al

Error **R75.3** mts

CALIFICACIÓN DE ESTUFAS

Este espacio es para uso en procesamiento después de observar la foto de la estufa

Calific Estado de la Estufa



DEPARTAMENTO DEL CESAR
ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN DIEGO
SECRETARIA DE PLANEACION
Nit: 892300815-1
Gobierno al Servicio de Todos



**ACTA DE CONCERTACIÓN CON LA COMUNIDAD, ALCALDIA
MUNICIPAL Y EL OPERADOR DE RED CONFORMADA POR LA JAC
DE LA VEREDA LAS TRUPIAS**

Nosotros los aquí firmantes, en representación de las comunidades, de las veredas que hacen parte del presente proyecto del municipio de San Diego departamento del Cesar, dejamos constancia que el día **25 DEL MES DE NOVIEMBRE de 2017**, se presentó a consideración los compromisos por parte de cada uno de los que hacen parte del Proyecto denominado : **“IMPLEMENTACION DE KITS FOTOVOLTAICOS DE 360 Watts DE POTENCIA PARA 34 FAMILIAS EN LA ZONA RURAL NO INTERCONECTADAS DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR”**; y se acordaron los siguientes compromisos:

COMUNIDADES – VEREDAS

1. Supervisar que el proyecto se ejecute en el 100%.
2. Colaborar con el contratista para poder transportar los materiales a los sitios más alejados y con difícil acceso, para que cumplan con lo proyectado.
3. Trabajar en asocio con el Operador de Red, para la entrega de las respectivas facturas y el cobro de dichas facturas.
4. Abstenerse de realizar por su cuenta la conexión o reconexión y/o reinstalación del servicio.
5. Establecer una cuota mensual para el pago del consumo mensual de cada familia de la vereda.
6. Recaudar los fondos de dichas facturas mensuales.
7. Permitir a La Empresa la revisión de las instalaciones internas.
8. Atender a todas las capacitaciones por parte del OR, para el buen funcionamiento de los equipos.
9. Cumplir con los requisitos y especificaciones técnicas establecidos por la empresa para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas.

A continuación relacionamos las veredas con su respectivo No. De familias y la cuota mensual.



DEPARTAMENTO DEL CESAR
ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN DIEGO
SECRETARIA DE PLANEACION

Nit: 892300815-1
Gobierno al Servicio de Todos



NOMBRE DE LA VEREDA	No. FLIAS	VR. CUOTA MES	VR. TOTAL MES
LAS TRUPIAS	34		

COMPROMISO ALCALDIA.

1. Gestionar los recursos para la ejecución del proyecto.
2. Velar por el cumplimiento de la ejecución del proyecto.
3. Supervisar el buen funcionamiento y los compromisos de las comunidades y el Operador de Red.

COMPROMISOS DEL OPERADOR DE RED.

1. Recibir a satisfacción de cada familia beneficiada su servicio de energía alterna.
2. Tener la infraestructura necesaria para poder prestarle un servicio de asistencia técnica a las familias beneficiadas.
3. Suministrar energía eléctrica al inmueble, en forma continua y con los parámetros de eficiencia, calidad y seguridad.
4. Medir o calcular los consumos reales o estimados, con los instrumentos, métodos o procedimientos tecnológicos apropiados, de acuerdo con lo establecido en la ley.
5. Disponer de equipos para la reposición cuando así lo requiera el servicio.
6. Brindarle capacitaciones y asesoría a los beneficiarios para el buen uso de energía.
7. Expedir las facturas claras y detalladas a los usuarios.
8. Constituir una oficina de Atención de Peticiones, Quejas y Recursos, donde se reciban, se atiendan, se tramite y se responda al USUARIO sobre este tipo de solicitudes.
9. Recaudar e informar a los usuarios todo lo relacionado a las cuotas mensuales.
10. Tener buena comunicación con todos los beneficiarios.

Para mayor constancia se firma la presente acta a los 25 días del mes de Noviembre de 2017.

ELVIA MILENA SAN JUAN

Alcalde Municipal

Gerente Enalco

Pte. JAC. Las Trupias

Pte. JAC. Piedras Monas

Calle 5ª No. 2-68 Telefax 5280292-5280095 Cel: 314-5565489

E-mail: secretariadeplaneacion@San Diego-cesar.gov.co



DEPARTAMENTO DEL CESAR
ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN DIEGO
SECRETARIA DE PLANEACION
Nit: 892300815-1
Gobierno al Servicio de Todos



ACTA DE CONCERTACIÓN CON LA COMUNIDAD

Nosotros los aquí firmantes, en representación de la comunidad, de la vereda **LAS TRUPIAS** del municipio de San Diego departamento del Cesar, dejamos constancia que el día 26 Del mes de Enero de 2017, se presentó a consideración el Proyecto denominado : **“IMPLEMENTACION DE KITS FOTOVOLTAICOS DE 360 Watts DE POTENCIA PARA 34 FAMILIAS EN LA ZONA RURAL NO INTERCONECTADAS DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR”**; y fue escogido como prioritario, quedando inscrito en el Plan de necesidades Municipales, a la vez los habitantes o beneficiarios del proyecto se comprometen a un pago mensual del servicio con el fin de tener un fondo para el mantenimiento de dichos equipos.

Para mayor constancia se anexa la cuota acordada y la firma de los habitantes de la vereda **LAS TRUPIAS** involucrados en dicho proyecto.

ITEM	NOMBRE Y APELLIDOS	No. CEDULA	VR. CUOTA MES	FIRMA
1	RICARDO RAFAEL ALVAREZ VILLA	13.361.498		
2	LUIS ENRIQUE TORRECILLA CHARRIS	18.932.594		
3	JUAN EVANGELISTO	18.970.527		
4	JOSÉ MARÍA GARCÍA MARTÍNEZ			
5	ROBERTO TORRECILLA CHARRIS	49.555.130		
6	DUBÍ MARÍA SAMBRANO CANTILLO	18.969.412		
7	JUAN MARÍN VEGA	49.554.744		
8	JOSE ARMANDO DAZA	18.058.241		
9	LEBY GULLOSO CAMARGO	18.974.684		
10	CELEDON AUGUSTO BALLESTA	1.003.167.000		