

Metodología para la identificación de soluciones energéticas sostenibles

Methodology for Identification of Sustainable Energy Solutions

Sandra Yomary Garzón - Lemos^{a*}

Recibido: julio 18 de 2014
Recibido con revisión: mayo 19 de 2015
Aceptado: mayo 28 de 2015

^{a*} Universidad de La Salle
Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia
Cra. 5 No. 59 A-44
Tel: +(571) 348 8000
sygarzon@unisalle.edu.co

Energética 45, junio (2015), pp.67-81

ISSN 0120-9833 (impreso)
ISSN 2357 - 612X (en línea)
www.revistas.unal.edu.co/energetica
© Derechos Patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia



RESUMEN

Este documento presenta una metodología para identificar soluciones energéticas sostenibles, a partir de la caracterización de la problemática específica de las regiones rurales en las que se quieran desarrollar proyectos energéticos sostenibles que involucren fuentes renovables. Esta metodología inicia con la caracterización de los aspectos geográficos, técnicos, socioculturales, económicos y ambientales de la región, facilitando la identificación de las necesidades, limitaciones, y restricciones, de tal forma que se planteen soluciones a la medida de las condiciones encontradas, involucrando a las energías alternativas como parte de la solución sostenible. El resultado de la aplicación de la metodología será una solución energética que estará en línea con las necesidades de las comunidades, las condiciones de la región, y los recursos naturales disponibles, impulsando el desarrollo y bienestar de las comunidades rurales de forma sostenible.

PALABRAS CLAVE

Biodiversidad; Energía; Recursos renovables; Resiliencia; Ruralidad; Sostenibilidad y Transferencia tecnológica.

ABSTRACT

This document presents a methodology for identifying sustainable energy solutions; it is based on characterization of the specific problems of rural regions that it wants to develop sustainable energy projects that involve renewable sources. This methodology starts with the characterization of geographic, technical, social, cultural, economic and environmental aspects, making possible the identification of needs, constraints, and limitations, in order to propose solutions accord to own requirements, involving the renewable energies as part of a sustainable solution. The result of this methodology will be an energy solution in-line with community needs, location conditions, and natural resources available, for boosting the development and welfare of the rural communities in a sustainable manner.

KEYWORDS

Biodiversity; Energy; Renewable resources; Resilience; Rurality; Sustainability and Technology transfer.

I. INTRODUCCIÓN

Las soluciones energéticas para las comunidades rurales requieren un análisis diferente a cualquier proyecto de energía urbano, ya que estas comunidades, aisladas o cercanas a centros urbanos, presentan condiciones geográficas, sociales, culturales, ambientales y económicas muy propias y específicas, por lo cual las soluciones deben ser únicas y de acuerdo a las necesidades y condiciones de estas comunidades. Esta metodología permite identificar la problemática existente en las comunidades rurales de tal forma que se propongan soluciones de energía que aseguren la sostenibilidad integral de estos proyectos.

Así mismo, este trabajo identifica una a una las características más importantes para la implementación de una solución energética, la cual está orientada al uso de la energía renovable, teniendo en cuenta que muchas de estas comunidades pueden utilizar estos recursos energéticos naturales en forma sostenible. Para ofrecer una solución energética se deben resolver problemas como la geografía, ya que las distancias y los accidentes geográficos en muchas zonas rurales y remotas hacen difícil su acceso, incrementando los costos de transporte y tiempo de ejecución, así como la resolución de problemas de suministro de energía, sobre todo cuando se trata de la sustitución, la corrección o mantenimiento en operación.

En el mismo sentido, las condiciones culturales y sociales limitan las soluciones energéticas que requieren acuerdos con la comunidad, en el caso de Colombia muchas de estas comunidades rurales están conformadas por poblaciones vulnerables, afrodescendientes y/o pueblos indígenas, por lo que el impacto social y cultural de la solución energética puede ser negativo si no se identifican las necesidades y las condiciones adecuadas del servicio de energía. Del mismo modo, las condiciones ambientales juegan un papel importante debido a que la implementación de la solución puede generar problemas como usos diferentes de los recursos naturales o requiere zonas que pueden ser reservas naturales o estar en zonas biodiversas.

Los aspectos económicos son esenciales para garantizar la implementación, ya que los problemas económicos afectan la sostenibilidad de la solución energética, debido a que se involucran aspectos financieros, tarifarios, de recaudo, de pago, y la disponibilidad de los servicios de educación, salud, agua potable, saneamiento, entre otros.

Después de la recopilación de los diferentes problemas, separados en aspectos geográficos, sociales, culturales, ambientales y económicos, se propone una metodología que puede ser utilizada para hacer la correcta identificación de la problemática, proponiendo una mejor planeación, gestión y sostenibilidad del

proyecto energético de forma integral. En cuatro etapas, las cuales corresponden a la fase de identificación de necesidades, la fase de identificación del proyecto de energía, fase de implementación y fase de operación, es posible evaluar, identificar y verificar el correcto desarrollo del proyecto en forma articulada con cada aspecto sin perder la integralidad del mismo. Esta metodología involucra a los actores y posibles responsables de las cuatro fases, sin perder el contexto de la sostenibilidad, la biodiversidad y la resiliencia.

A partir de la aplicación de esta metodología se hace posible la identificación de los problemas propios de las comunidades rurales, asegurando que la solución energética se adapta a las necesidades de la comunidad, buscando la correcta utilización de los recursos naturales haciendo proyectos sostenibles y mejorando las condiciones de vida de estas poblaciones.

2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICAS EN ZONAS RURALES

Las zonas rurales presentan condiciones, características y necesidades muy diferentes a las que son encontradas en las zonas urbanas. Es común encontrar que estas zonas estén ubicadas en lugares en donde los potenciales energéticos son de tipo renovable en su mayoría, presentando además condiciones ambientales especiales como la coincidencia de zonas protegidas o biodiversas. De otro lado, las condiciones de vida de las poblaciones de estas zonas tienen aspectos que no son comunes, usualmente los índices de necesidades básicas insatisfechas son altos, tienen un alto nivel de pobreza, los servicios básicos no están cubiertos o presentan malas condiciones de calidad y continuidad, tienen bajas capacidades de pago que obligan al Estado a tomar decisiones de inversión que serán hundidas una vez culminan la implementación de los proyectos.

Además de lo anterior, las zonas rurales pueden presentar comunidades indígenas, afrodescendientes o vulnerables cuyas culturas y costumbres no facilitan, algunas veces, la implementación de este tipo de soluciones, por lo cual dentro del mismo proyecto se deben incluir aspectos como transferencia tecnológica, apropiación y pertenencia.

Con todo anterior se deben identificar claramente cada una de las problemáticas, si bien se tiene la experiencia en desarrollo e implementación de proyectos, cada solución es única y deberá ser a la medida de las necesidades de cada comunidad incluyendo los aspectos antes mencionados.

Para lograr la identificación de cada problemática se sugiere evaluar ésta desde la óptica de los siguientes aspectos:

2.1 Aspectos geográficos

Teniendo en cuenta que la ubicación de las zonas rurales y aisladas tiene distancias considerables a los centros urbanos, y que los trayectos usualmente no son de fácil y rápido acceso se

dificulta la llegada del desarrollo. La topografía de muchos de los terrenos tiene un factor importante cuando de planear la solución se trata, ya que deben tenerse en cuenta parámetros logísticos que incrementan tiempos y costos, y en muchos casos requieren intervenciones civiles que aseguren la implementación de las soluciones energéticas.

Relacionado con la topografía y la disponibilidad de recursos energéticos se tiene la presencia de cuerpos de agua, como cuencas y ríos de bajo caudal, que pueden estar siendo aprovechados no solo para consumo animal y humano, si no para cultivos, lo cual puede limitar el uso del recurso agua para obtención de energía. Desde el punto de vista geográfico, estos cuerpos de agua pueden afectar las instalaciones ya que en algunos sitios se presentan inundaciones en temporadas de invierno o son navegables, por lo que deben considerarse estos factores al escoger el tipo y tamaño de solución energética a implementar.

Además de la planeación, la operación también se afecta por las condiciones de las zonas puesto que actividades de reparación, mantenimiento, y reposición pueden no ser llevadas a cabo, requiriendo para su realización mayores tiempos, costos y equipos poco comunes en los lugares aledaños. Así mismo, se debe tener en cuenta que en algunas zonas rurales la disponibilidad de transporte es diferente a los vehículos comunes, complicando aún más el desarrollo y las actividades inherentes a la calidad y continuidad del servicio.

De otra parte, es necesario incluir en estos aspectos los factores ambientales, debido a que en algunas regiones rurales las condiciones ambientales pueden ser más severas que las que se tienen en áreas urbanas, ya que es probable que se encuentren en zonas costeras de alta incidencia salina y de humedad, o desérticas en donde los niveles de temperatura son muy altos, afectando la vida útil de los equipos, condicionando las locaciones usadas para la instalación y operación del proyecto.

La ubicación geográfica determina la disponibilidad de los recursos energéticos renovables a utilizar, ya que de acuerdo a su posición se tendrán diferentes niveles de radiación solar, velocidad de vientos, disponibilidad de recursos bioenergéticos, uso de cuencas para microcentrales hidráulicas, que condicionan la cantidad de energía neta de aprovechamiento.

Por todo lo anterior, se tiene que la topografía, la ubicación y las condiciones ambientales impactan directamente a la planeación, desarrollo y operación del proyecto energético, haciendo que los aspectos geográficos deban ser analizados cuidadosamente antes de iniciar este tipo de proyectos.

2.2 Aspectos técnicos

En cuanto los aspectos técnicos, estos presentan otro tipo de consideraciones ya que requieren de un buen conocimiento de la oferta energética de las zonas, información que no siempre es tan disponible como se desea. Así mismo, es necesario identificar el tipo y grado de avance tecnológico a usar, debido a que si es

demasiado avanzada la tecnología que se va a usar, se deben tener en cuenta aspectos como costos de mantenimiento, capacitación para operación, nivel técnico requerido para la instalación y operación, entre otros, generando algunos costos adicionales y problemáticas a futuro durante la operación que pueden llevar a la no sostenibilidad del proyecto.

Los aspectos técnicos influyen directamente en el proyecto energético, ya que es mediante estos que se hace posible el aprovechamiento de uno o varios recursos que a su vez pueden o no estar aprovechados como alimento, servicio de acueducto, u otros, afectando los consumos y hábitos normales de la comunidad; por lo que se sugiere ofrecer a partir de la solución otros desarrollos productivos para que la comunidad pueda crecer y mejorar sus condiciones de vida. En este sentido, lo técnico puede influir positivamente si se promueve el desarrollo cognitivo y de capacidades en la misma comunidad, sugiriendo llevar tecnologías a estas poblaciones que sean de fácil o mediana comprensión, más aún si se tiene en cuenta que dichas poblaciones tienen formación académica mínima y en muchos casos ésta no existe.

De esta forma, se presentan los aspectos técnicos como una de las problemáticas que inciden en el proyecto energético, puesto que de su tipo y avance tecnológico depende el correcto y suficiente aprovechamiento del proyecto haciendo posible cubrir las necesidades energéticas de las comunidades sin que se dificulte su operación, mantenimiento y administración.

2.3 Aspectos socio-culturales

Cualquier proyecto energético involucra a la comunidad, la cual presenta una serie de problemáticas que van desde el orden político hasta el religioso o de sus creencias. La identificación de los factores socioculturales son esenciales en la concepción y desarrollo del proyecto, puesto que será la comunidad quien se beneficie con éste, y quien finalmente se quedará con el mismo. Es por esto que es necesario evaluar factores como organización social, características poblacionales, tipos de etnias que conforman la comunidad, entre otros.

Como problemáticas en este aspecto se tiene la seguridad, pues en algunas zonas rurales se presentan conflictos territoriales o políticos que hacen o no posible la realización del proyecto; así como la anterior, la cultura influye en los proyectos debido a que algunos grupos de origen indígena no permiten realizar cierto tipo de adecuaciones o aprovechamientos energéticos porque pueden ir en contra de sus creencias; la organización social es un factor a tener en cuenta cuando de proyectos energéticos se trata, pues los permisos, autorizaciones, e influencia en la comunidad de los líderes de las mismas

hacen que se facilite o no las consultas previas y otros acuerdos con la población.

En distintas zonas rurales se tienen comportamientos sociales que pueden ser diferentes para las personas que intervienen en el proyecto, lo cual puede influir en el desarrollo del proyecto ya que de no seguir dichos comportamientos, las relaciones entre los responsables del proyecto y la comunidad pueden deteriorarse por malos entendidos culturales. Así mismo, sucede cuando los habitantes tienen dialectos o lenguas diferentes, generando otro factor que aunque no es tan frecuente pueden restringir el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta la importancia de la comunidad dentro de un proyecto, sobre todo de índole energético, los aspectos socioculturales podrán facilitar la entrada del mismo siempre y cuando se tengan en cuenta los factores propios de dicha comunidad, tales como su cultura, creencias, costumbres, y lenguaje.

2.4 Aspectos económicos

Para las comunidades rurales se tiene que el desarrollo económico es sesgado, lo cual se traduce en un nivel bajo y deficiente de los servicios básicos como agua, electricidad, salud, educación, y saneamiento básico, haciendo que sus habitantes no cuenten con herramientas básicas indispensables para iniciar o llevar a un buen desarrollo sus actividades económicas. Por lo general, la mayoría de los habitantes de estas zonas están dedicados a la agricultura, la pesca, y la ganadería, las cuales son bastante artesanales y producen básicamente lo necesario para su sustento.

Así mismo, las necesidades energéticas son orientadas principalmente a iluminación y consumos de electrodomésticos básicos, teniendo entonces bajas demandas energéticas haciendo que los proyectos sean aún más a la medida de las necesidades de la población. Sin embargo, se deben considerar aspectos económicos de desarrollo regional lo cual genera una mayor necesidad energética dando una mayor viabilidad al proyecto. [Boaz, et al., 2010]. Esta situación impacta directamente en las inversiones, ya que su retorno es muy bajo y en algunos casos nulo, para asegurar la inversión se deben trasladar las inversiones mediante tarifas, las cuales llegan a usuarios finales con baja capacidad de pago. Por esta razón, los gobiernos asumen posiciones políticas de inversión social que permiten que dichas inversiones se hundan y no se trasladen a los usuarios.

Es claro que el nivel de desarrollo es directamente proporcional a la disponibilidad energética del país o de la región, de allí que se propenda por ofrecer el servicio de electricidad de forma equitativa a la población de un país, luego para las zonas rurales deben tenerse en

cuenta factores propios de las comunidades que requieren este servicio, identificando claramente las necesidades de tal manera que la solución en realidad brinde las oportunidades de desarrollo, el cual se espera sea sostenible. [Boullón, 2006]

Es así como uno de los aspectos que pueden hacer que un proyecto se lleve a cabo son los recursos económicos que aseguren los valores financieros de la solución energética, tanto durante las etapas de diseño e implementación como de operación, de no planearse adecuadamente los flujos de caja, posibles actividades productivas y activación de otros servicios anexos al de energía, como el de comunicaciones, salud y educación, el proyecto fácilmente puede operar durante un tiempo muy corto perdiéndose la inversión.

2.5 Aspectos ambientales

Teniendo en cuenta que para las zonas rurales se tienen accesos al aprovechamiento de fuentes energéticas renovables, se deben considerar obligatoriamente los aspectos ambientales al momento de proponer cualquier solución energética, es común que estas zonas se encuentren en lugares en donde la biodiversidad sea un factor muy importante por lo cual se hace necesario identificar la magnitud de los impactos asociados a la solución.

Al iniciar la búsqueda de soluciones energéticas se identifican problemas ambientales como los permisos de uso o aprovechamiento, los grados de afectación a los ecosistemas, los sitios de reserva o protegidos, el correcto aprovechamiento de cuencas y ríos de bajo caudal, los sitios que son patrimonio natural, la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los niveles de ruido y de emisiones que puede producir la solución. Todo esto hace que se tengan que identificar cuidadosamente las soluciones, ya que de no planearse adecuadamente se pueden tener impactos negativos, que harían inviable la solución o que se deba disponer de un mayor recurso económico para realizar los aprovechamientos proyectados.

Siendo los aspectos ambientales uno de los parámetros indispensables para el desarrollo de un proyecto energético que asocie o no las energías renovables, deben considerarse entonces todos los factores asociados a los impactos ambientales y de desarrollo sostenible como son resiliencia, huella de carbono y capacidad de carga, garantizando una solución energética permanente.

3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ENERGÉTICA

A partir de lo descrito anteriormente, se propone una metodología que permite identificar la problemática de la zona rural de forma integral, de tal manera que se puedan plantear soluciones energéticas adecuadas que serán sostenibles, siempre y cuando se cumplan, si no la totalidad, la gran mayoría de restricciones o limitaciones que se obtienen a partir del análisis de la problemática.

Para llevar a cabo la metodología, se identificaron cuatro etapas

que son propias de los proyectos y que están asociadas a la solución y/o restricción de las problemáticas encontradas en la zona rural a intervenir. Estas etapas son:

- A. Fase de Identificación de Necesidades
- B. Fase de Identificación del Proyecto Energético
- C. Fase de Implementación
- D. Fase de Operación

A continuación se describen una a una las fases indicando la metodología a seguir en cada una de éstas.

3.1 Fase de Identificación de Necesidades

Esta primera fase busca identificar tanto las necesidades como las problemáticas, creando una matriz en la que se combinen cada uno de los aspectos y sus factores, dando la claridad en las posibles relaciones y sus afectaciones. Para esto es necesario realizar las siguientes actividades:

- Identificación geográfica de la zona rural a trabajar.
- Recopilación de información secundaria del lugar. Es necesario iniciar la identificación de los cinco aspectos propuestos realizando una identificación preliminar de los factores en cada aspecto.
- Recopilación de información primaria del lugar. Para esto se propone realizar las visitas al sitio y conocer de primera mano su geografía, medios de transporte, fuentes y necesidades energéticas, condiciones sociales, culturales y económicas, realizando encuestas con preguntas específicas planteadas a partir de la actividad anterior, éstas preguntas deben ir en línea con el proyecto de tal manera que sus resultados dejen entrever de forma cuantitativa los factores en cada aspecto.
- Minería y análisis de datos. En esta actividad se tabularán los resultados de tal forma que se obtenga una matriz como la mostrada en el Anexo 1, facilitando el análisis de los resultados de las anteriores actividades.
- Identificación de necesidades. A partir de la matriz construida, se definirán las necesidades energéticas asociando las relacionadas con los servicios públicos de la zona y los desarrollos productivos que pueden beneficiarse con la solución energética a implementar, relacionado las problemáticas que están presentes en el lugar y que afectan al proyecto.

El resultado de esta primera fase será una matriz de necesidades y restricciones propias de la zona del proyecto, dando la orientación de las posibles soluciones energéticas a plantear en la siguiente fase. [Conesa, 1997; Espinoza, 2001; Garmendia, et al., 2005]. La matriz mostrada en el Cuadro 1, se construye mediante la relación de factores, ubicados en la primera columna (resaltada en amarillo) y de aspectos que son afectados por los factores, ubicados en la primera fila (resaltada en verde) esta relación corresponde a la pregunta ¿Cómo y qué tanto el factor afecta al aspecto?; por ejemplo, para el factor geográfico de topografía relacionado con el

aspecto técnico, la pregunta a responder será ¿Cómo el factor topológico afecta al aspecto técnico y qué tanto lo afecta?, la respuesta dependerá de la topografía del sitio en el que se desea implementar la solución energética, y si ésta restringe o impacta al aspecto en temas como intervenciones civiles mayores o menores, construcción de drenajes especiales o de cimentaciones diferentes, mejoramiento de tierras para mallas de puesta a tierra, etc. Dependiendo de los grados de complejidad en que la topografía afecta al proyecto, se tendrán manejos diferentes desde lo técnico para superar o aprovechar los factores topográficos que se encuentran en el sitio del proyecto.

Aspecto Factor	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos geográficos	Grado de afectación en aspectos socioculturales	Grado de afectación en aspectos ambientales	Grado de afectación en aspectos técnicos	Grado de afectación en aspectos económicos
Geográfico							
Ubicación del proyecto							
Topografía del lugar							
Temperatura							
Velocidad de vientos							

Cuadro 1. Matriz de necesidades y restricciones del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Con el ánimo de facilitar la valoración de las afectaciones, se proponen en la Tabla 1 los valores que permiten relacionar el grado de manejo y de afectación del factor sobre el aspecto en el proyecto, el grado de manejo se refiere a la dificultad que se tiene para gestionar adecuadamente la afectación del factor en el aspecto "X" dentro del proyecto, y la afectación relaciona la magnitud en la que el factor impacta positiva o negativamente al mismo aspecto dentro del proyecto. [Leopold, 1971; Vergano & Nunes, 2006].

Grado de manejo	Afectación		
	Baja	Media	Alta
Deficiente	2,5	4	5
Regular	1,5	3	4,5
Bueno	1	2	3,5

Tabla 1. Valoración de afectaciones de los factores sobre los aspectos dentro del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de valoración de factores sobre los aspectos:

Un sitio ubicado en la costa con velocidades máximas

promedio de viento de 5 m/s a 20 metros de altura; una radiación solar media anual de 4,25 kW/m², un alto nivel de salinidad y de humedad, a 100 Km. del centro urbano más cercano, presenta dos estaciones anuales, y un terreno plano con problemas de escorrentías.

Para una ubicación como la descrita, se puede considerar que el manejo del factor topográfico en el aspecto técnico es regular, ya que se requieren de intervenciones civiles para manejar escorrentías, materiales que resistan a la humedad y a la salinidad, se deberán planear adquisiciones de equipos para mantenimiento y reparación debido a las distancias que se tienen, y la estacionalidad afectará el aprovechamiento del recurso eólico y solar en el sitio.

Desde la afectación, la topografía puede ser tomada como una afectación media debido a que se requerirá evaluar otras alturas de aprovechamiento eólico, áreas de los paneles a instalar, lo cual está en relación directa con las intervenciones civiles que se deban hacer durante la implementación del proyecto. Así entonces, el factor topográfico para el aspecto técnico tendrá una valoración de 3 puntos, lo cual lo deja en un rango de restricción media al factor.

Este tipo de análisis debe hacerse de forma conjunta con el grupo de expertos, ya que los diferentes aportes permitirán considerar mejor las afectaciones positivas o negativas de los factores en cada aspecto, haciendo posible que cada uno de los valores consensuados sean más cercanos a las realidades del sitio y del futuro desarrollo del proyecto. Se debe tener en cuenta que el factor no tendrá un valor negativo o positivo, simplemente tendrá un valor el cual se traduce en un punto que de ser alto podrá ser para resaltar o aprovechar en caso de ser positivo, o de tener un especial manejo o cuidado para mitigar o anular en caso de ser negativo, de allí que se sugiera tener una columna adicional a la matriz propuesta en la que se den las observaciones consensuadas de cada una de las valoraciones.

En el Anexo 1 se muestra a matriz completa de relación de aspectos y factores, el diligenciamiento completo de esta matriz es el resultado de esta primera etapa de la metodología.

3.2 Fase de Identificación del Proyecto Energético

A partir de la matriz presentada en el Anexo 1 se pueden identificar opciones para la solución energética, la cual debe garantizar el cumplimiento de las restricciones de los diferentes aspectos resolviendo las problemáticas que sean posibles de solucionar a partir del proyecto. [EERE, 2006; Ener-Supply, 2011; León, 2011]. Para esto se proponen las siguientes tareas:

- Identificación de la oferta energética del lugar.
- Seleccionar los tipos de tecnologías a implementar.
- Identificar los mecanismos de transporte e instalación.
- Identificar las necesidades de especialistas. El número y procedencia así como la experiencia de los mismos.
- Identificación de restricciones ambientales. Dentro de las cuales se encuentran los permisos de uso y/o aprovechamiento, la consecución de las licencias ambientales, evaluación de impactos y formas de mitigación de los mismos, e intervenciones de origen ambiental que deban ser realizadas como compensación por la implementación del proyecto, si es requerido.
- Identificación de restricciones sociales. Para lo cual se deben analizar las situaciones como seguridad, problemas políticos o de territorio, niveles de educación, organización social, tipos de etnias asentadas en el lugar, sus relaciones, y costumbres. En este aspecto cabe anotar que el proyecto requiere de espacios para su construcción por lo cual será necesario en algún momento realizar algún tipo de trámite con la comunidad, la alcaldía o el jefe de la organización social existente.
- Identificación de restricciones económicas. En estos aspectos de deben contemplar restricciones como servicios públicos de los que se carece en la región, nivel de vida de los habitantes, tipos de producción, tipos de usuarios existente, nivel de desarrollo, capacidad de pago, y tarifas del servicio aplicadas, entre otras.
- Identificación de los responsables tanto del diseño, como de la implementación y operación del proyecto.
- Identificación de los actores involucrados o afectados por el proyecto. Tal como líderes de comunidad, alcaldías, gobierno, y beneficiario.
- Identificación del monto global del proyecto y estimación de su duración.
- Identificación de riesgos. Los cuales son posibles de identificar a partir del diligenciamiento de la matriz mostrada en el Anexo 1, con el fin de prevenir situaciones de orden público, deficiencia en la disponibilidad de recursos, fallas en los tiempos de entrega o de importaciones, entre otros.
- Identificación de los mecanismos de seguimiento y verificación del desarrollo, implementación y operación del proyecto. Se proponen usar indicadores de costos, eficiencia y eficacia que permitan visualizar cuantitativamente los avances de las etapas del proyecto.

Una vez identificadas las restricciones se pasa a determinar las opciones energéticas que pueden cumplir las restricciones

mencionadas, estableciendo costos y tiempos iniciales de forma global. A partir del listado de opciones o alternativas se procede a la elección del proyecto que cumpla mayoritariamente las condiciones y resuelva las problemáticas en un buen porcentaje con costos y tiempos razonables. Para lo anterior se propone una tabla en el Anexo 2 que permite chequear los cumplimientos y los valores de las necesidades y factores, de tal forma que se identifique fácilmente el proyecto que mejor cubre las problemáticas y cumple restricciones.

A partir de la valoración que se tiene en la matriz inicial de necesidades y restricciones del proyecto, se construye una matriz paralela que da respuesta a la pregunta ¿Con la alternativa “X” se da solución o resuelve la restricción, limitación o afectación causada por el factor en el aspecto?, si la solución resuelve completamente la restricción se traslada a la alternativa el valor establecido inicialmente en la matriz de necesidades, si no lo resuelve no se traslada el valor quedando éste en cero, pero si se resuelve parcialmente se dará un nuevo valor el cual estará entre cero y el valor establecido inicialmente en la matriz de necesidades y restricciones, este nuevo valor se dará considerando el alcance de la alternativa frente a la solución de la restricción problemática o necesidad.

Ejemplo de evaluación de alternativas:

Para el ejemplo anterior se pueden plantear dos alternativas, la primera en la que por ejemplo se tiene un híbrido solar eólico concentrado, y una segunda en la que se tiene un sistema eólico general y soluciones fotovoltaicas individuales. Al revisar las dos alternativas para el factor topográfico antes descrito se tiene que en:

La alternativa 1, híbrido solar concentrado, el factor topográfico influye en la construcción del sistema debido a que se requieren mayores áreas para el sistema e intervenciones civiles tanto para el sistema eólico como para el solar distintas, con manejos de drenaje en una sola zona, los materiales deberán tener las condiciones anticorrosivas y mantenimientos más frecuentes por la salinidad, pero al estar concentrados el mantenimiento podría ser llevado a cabo de mejor manera.

La alternativa 2, sistema eólico general y solar individual, el factor topográfico vuelve a influir en lo técnico ya que requiere de intervenciones civiles para sistema eólico exclusivamente, por lo que estas intervenciones serán menores a la alternativa anterior afectando el costo y el tiempo de ejecución del proyecto, aprovechando las casas construidas se podrán instalar los paneles solares individuales haciendo que no se requieran más áreas realizando algunos refuerzos en los techos y soportes en caso de necesitarse. Así mismo, se debe tener en cuenta que los planes de mantenimiento de los paneles serán diferentes a los de la alternativa 1, por lo que se necesitarán programar con más cuidado y ser realizados por personas autorizadas.

Al analizar las soluciones propuestas se puede proponer que la alternativa 2 resuelve mejor la problemática ya que se requieren

menos intervenciones civiles reduciendo costos y tiempos de ejecución, haciendo que se establezcan otros tiempos y formas de realizar los mantenimientos de paneles solares, lo cual no es complicado, y al estar protegidos los equipos solares se tendrá una reducción en las afectaciones de éstos por humedad y salinidad. En la Tabla 2 se muestra la forma de diligenciamiento por alternativa, incluyéndose el valor de afectación obtenido inicialmente para el aspecto técnico analizado.

Aspecto Factor	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos técnicos	Alternativa 1 Aspecto Técnico	Alternativa 2 Aspecto Técnico
Topografía del lugar	Plano, malas escorrentías naturales.	-	3	2,2	3
Velocidad de vientos	Sin datos	5 m/s a 20 m	3	3	3

Tabla 2. Matriz complementaria para valoración de alternativas de solución energética.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores mostrados para las alternativas corresponden a 3 para la alternativa 2, ya que se resolvería el problema de escorrentías de mejor manera, mientras que para la alternativa 1 se asignó un valor de 2,2 (entre cero y el valor dado en la matriz de necesidades y restricciones) debido a que la afectación del factor topográfico se resuelve con mayores tiempos y costos, lo cual no es competitivo frente a la alternativa 2 haciendo que la afectación se resuelva parcialmente.

Para la asignación de estos nuevos valores por alternativa se deben tener los paneles de expertos, haciendo previa la presentación de las alternativas incluyendo costos, tiempos y riesgos, para llevar a cabo un ejercicio similar a la valoración de factores por aspecto.

Una vez se realiza lo anterior para cada factor, se totaliza para cada alternativa los valores de afectaciones tanto por aspecto como de forma global, la alternativa que tenga un mayor resultado cercano al total de afectaciones de la matriz de necesidades y restricciones inicial, será la mejor alternativa. La matriz total al finalizar esta segunda fase de la metodología se verá como la mostrada en el Anexo 3.

3.3 Fase de Implementación

Esta fase inicia con el proyecto identificado como el de mejor respuesta a los requerimientos y problemáticas, a partir de éste y ya estimados los tiempos y costos globales, así como identificados la logística, actores, responsables y riesgos, se inicia la implementación. Esta

implementación corresponde exactamente a la ejecución de cualquier proyecto energético.

Como actividades principales de esta fase se encuentran:

- Definición de los costos de inversión y AOM (Administración, Operación y Mantenimiento).
- Cálculo de los valores presente neto, retorno de la inversión y relación costo beneficio, como mínimo.
- Cálculo de la duración del proyecto y su flujo de caja. Para lo cual se sugiere la herramienta Project o cualquier otro software que permita asociar costos y tiempos a las actividades del proyecto, permitiendo señalar aquellas actividades hito para el desarrollo del proyecto.
- Diseños definitivos, los cuales podrán ser o no contratados como parte de la etapa de implementación.
- Identificación y realización de los procesos de uso de tierras para el proyecto.
- Proceso de contratación, bien sea de la totalidad del proyecto o por etapas, debe tenerse en cuenta la naturaleza jurídica de quien contrata ya que dependiendo de ésta se aplican diferentes mecanismos de contratación.
- Ejecución del contrato, para esta actividad se debe tener en cuenta lo realizado previamente, en donde se tiene ya definido el cronograma, los flujos de caja, identificados los riesgos y actividades hito para el proyecto. Todo esto debe ser ejecutado por el contratista, quien debe cumplir con el objeto del proyecto y por ende contractual. Dentro de estas actividades se deben tener en cuenta las pruebas y puesta en operación del proyecto, ya que estas garantizan el correcto funcionamiento del proyecto y permite realizar a tiempo las correcciones operativas.
- Seguimiento y/o interventoría, una de las actividades más importantes a desarrollar en la fase de implementación, ya que permite identificar de modo temprano posibles dificultades evitando retrasos, sobrecostos, o aplicaciones no deseados en el proyecto, haciendo posible realizar correcciones sin mayores impactos al proyecto en cualquiera de los aspectos antes analizados.
- Acciones de mejora, a partir de la información suministrada por el seguimiento o la interventoría e identificadas aquellas actividades que deben ser revisadas durante la ejecución se pueden realizar acciones que corrijan las anomalías que puedan presentarse.
- Transferencia tecnológica, es una actividad muy

importante para garantizar la sostenibilidad del proyecto, debido a que ésta hace posible la preparación para los operadores futuros del sistema; la apropiación, ya que puede capacitarse personal de la comunidad que tenga una base técnica, y permite que los habitantes comprendan la importancia del proyecto, lo cual afianza el proceso de pertenencia y apropiación.

Esta fase permite hacer realidad el proyecto, de allí que se deba tener un cuidadoso y especial seguimiento evitando inconvenientes que impacten negativamente el proyecto haciendo que la solución no pueda ser implementada. Hay que tener en cuenta que una vez realizado un acuerdo con la comunidad mediante una consulta previa se generan una serie de expectativas en sus habitantes, que al no ser cumplidas provoca aprensiones para proyectos futuros y malos comentarios a quienes están involucrados con el proyecto, haciendo que la comunidad pierda la confianza y respeto por los distintos actores y responsables del proyecto.

De otra parte durante esta etapa se deben mantener líneas paralelas de acción que desarrollen los planeado por aspecto, realizando un chequeo constante y sistemático de las restricciones y/o limitaciones encontradas inicialmente con el de verificar su cumplimiento.

3.4 Fase de Operación

Para esta fase, la cual inicia una vez el proyecto termina las pruebas y puesta en operación, se identifican las actividades asociadas al mantenimiento, administración y operación del proyecto ya implementado. Realizando un seguimiento de las actividades de tal forma que se identifiquen los inconvenientes o futuros inconvenientes realizando las correcciones tempranas evitando afectar negativamente el proyecto ya en operación.

Dentro de las actividades más relevantes de esta fase se tienen:

- Mantenimiento, los cuales deben ser planeados antes de la entrega del proyecto identificando los programas de mantenimiento preventivo que deben ir de acuerdo a los fabricantes y horas de uso del proyecto. Deben realizarse las capacitaciones in situ a quienes van operar el proyecto indicando puntos clave y señales que evidencien la necesidad de mantenimientos correctivos.
- Administración, debe tenerse en cuenta que el proyecto debe ser entregado a un operador responsable que tenga las capacidades para su correcto manejo, esta actividad involucra aspectos financieros, tarifarios, programación de capacitaciones, manejo de personal, seguridad industrial, manejo de usuarios y de la comunidad, entre otros.
- Operación, en esta se deben involucrar las mediciones, el control de los equipos, visitas programadas al sitio para verificación de la operación, análisis de la información histórica y resultados de evaluaciones de estado, por ejemplo. Aquí se tiene en cuenta que es aconsejable, mantener actualizado al personal así como contar un buen número de ellos de tal forma

que se pueda dar continuidad al proyecto. En esta actividad es conveniente incluir las actividades asociadas al manejo ambiental, principalmente orientadas al manejo de residuos de procesos y al cumplimiento de los planes de manejo que deben ser cumplidos para conservar la licencia o permiso ambiental.

- Manejo de la comunidad, para garantizar la apropiación y pertenencia del proyecto se sugiere informar de modo permanente a la comunidad de la situación del proyecto principalmente cuando de mantenimientos o anomalías del servicio se trata, ya que la información a tiempo hará que la comunidad tenga confianza en quienes prestan el servicio. Se deben hacer seguimientos a los proyectos productivos que fueron asociados al proyecto con el fin de conocer el estado, desarrollo y necesidades de estos afianzando así el sentido de beneficio y de apropiación que hará que se reafirme la necesidad de darle continuidad al proyecto.

Las cuatro fases se encuentran relacionadas e involucran en diferentes estados los aspectos que asocian problemas comunes de las zonas rurales, la correcta identificación de las problemáticas y su incidencia en el proyecto son la base de la selección correcta del mismo, a partir de allí será la planeación integral la clave para articular las variables asociadas al desarrollo e implementación del proyecto, garantizando así que a partir de una adecuada transferencia tecnológica se prepare la comunidad para adaptarse al proyecto conservando su ecosistema, sin alterar su identidad y mejorando su calidad de vida.

4. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de las energías renovables sugieren un manejo inteligente de los recursos naturales de tal manera que pueda garantizarse el uso de los mismos a las futuras generaciones, base del concepto de sostenibilidad el cual está involucrando los parámetros técnicos, socioculturales, económicos, y geográficos haciendo que la solución ofrecida a las poblaciones de las zonas aisladas y rurales sea la adecuada y se mantenga durante la vida útil del proyecto.

Para garantizar el éxito del proyecto se necesita de un análisis detallado de las distintas y únicas problemáticas de las zonas aisladas y rurales, haciendo que la experiencia y un adecuado procedimiento de identificación de soluciones a las problemáticas permita plantear soluciones sostenibles que hagan posible el desarrollo de las comunidades de estas zonas mejorando las condiciones de vida y creando las oportunidades para su asentamiento permanente.

La metodología propuesta en este trabajo asocia los diferentes aspectos de las problemáticas de las zonas aisladas y rurales ofreciendo soluciones energéticas que son sostenibles y que benefician el desarrollo económico de las comunidades de estas zonas, generando un desarrollo más equitativo con calidad.

REFERENCIAS

- Boaz, Moselle; PADILLA Jorge; SCHMALENSSE Richard. *Electricidad Verde Energías renovables y sistema eléctrico*. Marcial Pons. Madrid – España. 2010.
- Boullón, Roberto. “Espacio Turístico y Desarrollo Sustentable”. *Aportes y Transferencias (En línea)*, Volumen 10, núm. 2, pp. 17-24, Argentina. 2006.
- Conesa, Vicente. *Guía metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Reimpresión Tercera Edición. Madrid – España. 1997.
- EERE. *Guide for Managing General Program Evaluation Studies: Getting the Information You Need (Washington: US DOE)*, pp. 2, 9, 17. 2006.
- Ener-Supply. *Handbook on Renewable Energy Sources*. 2011.
- Espinoza, Guillermo. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo – BID y Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Santiago – Chile. 2001.
- Garmendia, A.; Salvador A.; Crespo C.; Garmendia L. *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson educación, p. 75. ISBN: 84-20-4398-5. 2005.
- Leon, Warren. *Evaluating Renewable Energy Programs. A guide for program managers*. Clean Energy States Alliance. 2011.
- Leopold, A *Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Geological Survey Circular 645. Washington: U.S. Geological Survey. 1971.
- Vergano, L; Nunes P. *Analysis and Evaluation of Ecosystem Resilience: An Economic Perspective*. NOTA DI LAVORO 25.2006

Anexo 1**Matriz de necesidades y restricciones del proyecto**

Factor \ Aspecto	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos geográficos	Grado de afectación en aspectos socioculturales	Grado de afectación en aspectos ambientales	Grado de afectación en aspectos técnicos	Grado de afectación en aspectos económicos
Geográfico							
Ubicación del proyecto						X	
Topografía del lugar						X	X
Temperatura						X	
Velocidad de vientos					X	X	
Pluviosidad						X	
Humedad						X	
Radiación solar					X	X	
Presión atmosférica							
Nivel de salinidad						X	
Vías de acceso						X	X
Tipo de localidad					X	X	X
Estacionalidad					X	X	
Técnico							
Tipo de potencial energético			X				
Disponibilidad de históricos de los potenciales					X		
Estacionalidad de los potenciales					X		
Requerimiento de las áreas a construir				X			
Demanda energética mínima							X
Tipos de consumos energéticos							X
Demanda energética incluyendo nuevos usos energéticos							X
Consumos por tipo de usuario							X
Tipo de tecnología a			X	X	X		X

Factor \ Aspecto	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos geográficos	Grado de afectación en aspectos socioculturales	Grado de afectación en aspectos ambientales	Grado de afectación en aspectos técnicos	Grado de afectación en aspectos económicos
implementar							
Equipos requeridos asociados a la tecnología			X		X		
Proveedores							X
Especialistas y técnicos requeridos							X
Fuentes no renovables existentes en el sitio							X
Capacidad instalada de fuentes no renovables							
Distancia al (los) centros de consumo			X				
Técnicos existentes en el sitio				X			
Sociocultural							
Grupos étnicos del lugar			X				X
Número de habitantes						X	X
Número de familias							X
Número de niños							X
Organización social							X
Condiciones de vida						X	X
Tipos de conflictos sociales existentes en sitio						X	X
Permisos de uso de terrenos y/o servidumbre						X	
Intereses de la comunidad			X		X	X	X
Costumbres propias de la comunidad						X	
Lengua de la comunidad						X	
Creencias que puedan afectar el proyecto						X	
Reglas o normas propias de la comunidad						X	
Nivel educativo						X	
Asentamientos indígenas							X

Factor \ Aspecto	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos geográficos	Grado de afectación en aspectos socioculturales	Grado de afectación en aspectos ambientales	Grado de afectación en aspectos técnicos	Grado de afectación en aspectos económicos
Requerimiento de consulta previa						X	
Económico							
Índice de necesidades básicas insatisfechas				X		X	
Servicios públicos disponibles				X		X	
Calidad de los servicios públicos disponibles				X		X	
Existencia de puestos de salud						X	
Existencia de centros educativos						X	
Actividades productivas existentes			X		X	X	
Tareas alienantes				X		X	
Capacidad de trabajo				X		X	
Actividades que pueden desarrollarse a partir del proyecto				X		X	
Recursos de financiamiento del proyecto						X	
Existencia de subsidios energéticos						X	
Aplicación de tarifas energéticas						X	
Empresas de servicio de energía existentes				X		X	
Posibilidad de autosostenibilidad financiera una vez terminado el proyecto				X		X	
Costos de transporte						X	
Beneficios				X		X	
Externalidades que impacten el proyecto						X	
Ambiental							
Disponibilidad de uso de la fuente a aprovechar				X		X	

Factor \ Aspecto	Dato Fuente primaria	Dato Fuente secundaria	Grado de afectación en aspectos geográficos	Grado de afectación en aspectos socioculturales	Grado de afectación en aspectos ambientales	Grado de afectación en aspectos técnicos	Grado de afectación en aspectos económicos
energéticamente							
Regulación o norma que interviene en el aprovechamiento						X	X
Zona restringida o protegida			X			X	
Parque natural o reserva			X			X	
Solicitud de permiso ambiental						X	X
Solicitud de licencia ambiental						X	X
Impactos ambientales de corto plazo				X		X	
Impactos ambientales de mediano plazo				X		X	
Impactos ambientales de largo plazo				X		X	
Requiere de intervención ambiental antes de iniciar el proyecto			X	X		X	X
Capacidad de recuperación del ecosistema			X	X		X	X
Huella de carbono						X	
Capacidad de carga						X	

NOTA: El grado de correlación se indica de acuerdo a la experiencia y conocimiento que se tenga de la región, sin embargo tanto los factores como las afectaciones pueden cambiar. Las columnas de información primaria y secundaria contendrán la información en cuantitativa o cualitativa, para esta última se indicarán estrictamente los aspectos que intervienen en el proyecto.

Anexo 2

Tabla de relación de aspectos, costos, tiempo y riesgos de las alternativas de solución energética

Aspecto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Técnico	Σt_{i1}	Σt_{i2}	Σt_{i3}
t_1 (Oferta energética) ...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geográfico	Σf_{i1}	Σf_{i2}	Σf_{i3}
g_1 (Disponibilidad de transporte) ...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Socio- cultural	Σsc_{i1}	Σsc_{i2}	Σsc_{i3}
sc_1 (Transferencia) ...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ambiental	Σa_{i1}	Σa_{i2}	Σa_{i3}
a_1 (Licencia ambiental) ...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Económico	Σe_{i1}	Σe_{i2}	Σe_{i3}
e_1 (Productividad) e_2 (TIR) ...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Total	ΣT_{i1}	ΣT_{i2}	ΣT_{i3}
Valor estimado del proyecto	$\$_1$	$\$_2$	$\$_3$
Tiempo estimado de ejecución	T_1	T_2	T_3
Principales riesgos	R_1	R_2	R_3

