

**Uso de energías alternativas a pequeña escala en regiones apartadas, sin servicio de
energía eléctrica en Colombia**

Juan Mauricio Ibáñez Leal

Septiembre de 2017

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

Especialización en Gestión de Proyectos

Tabla de contenido

Lista de figuras	v
Lista de tablas	vi
Lista de abreviaturas	vii
Uso de energías alternativas a pequeña escala en regiones apartadas sin servicio de energía eléctrica en Colombia	ix
Introducción	x
1. Marco teórico.....	1
1.1 Energía y Desarrollo Sostenible	1
1.2 Tipos de energía existentes en el planeta.....	2
1.2.1 Energías no renovables	2
1.2.2 Energías renovables	2
1.3 Energía eólica	3
1.4 Energía solar fotovoltaica	4
2. Panorama mundial	6
2.1 Las cifras del desarrollo sostenible.....	8
2.2 Caso de éxito en el uso de energía FV en Haití	9
3. Panorama colombiano	11
3.1 Políticas y Marco legislativo colombiano.....	13
3.2 Proyectos de energías alternativas en el país	16

3.2.1 Electrificación de escuelas rurales	17
4. Aspectos técnicos	21
4.1 Solución con energía solar fotovoltaica.....	22
4.1.1 Panel Solar	22
4.1.2 Regulador	24
4.1.3 Baterías	24
4.1.4 Inversor	24
4.1.5 Otros.....	25
4.1.6 Operación y mantenimiento	25
4.2 Solución con energía eólica	25
4.2.1 Aerogenerador.....	25
4.2.2 Regulador	26
4.2.3 Baterías	26
4.2.4 Inversor	27
4.2.5 Otros.....	27
5. Identificación y formulación de proyectos con energías alternativas.....	28
5.1 Características de las ZNI.....	29
5.2 Formulación de proyectos.....	30
5.2.1 Identificación	31
5.2.2 Preparación de alternativas	34

5.2.3 Evaluación Ex ante	36
5.2.4 Herramientas de ayuda para formulación de proyectos	36
6. Financiación de proyectos en Colombia.....	37
Conclusiones y Recomendaciones	41
Referencias bibliográficas	45

Lista de figuras

Figura 1. Distribución de consumo mundial energía en 2014	2
Figura 2. Crecimiento mundial de energía eólica.....	3
Figura 3. Crecimiento mundial de energía solar fotovoltaica	5
Figura 4. Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios en 2012 .	11
Figura 5. Capacidad de generación eléctrica del SIN a diciembre de 2014	12
Figura 6. Estado de servicio de energía en localidades con telemetría	20
Figura 7. Sistema fotovoltaico autónomo.....	23
Figura 8. Sistema eólico autónomo	26
Figura 9. Índice de cobertura de Energía Eléctrica 2015	28
Figura 10. Etapas de proyectos de inversión	30
Figura 11. Árbol de problemas	32
Figura 12. Árbol de objetivos	33
Figura 13. Pasos para desarrollar un proyecto.....	37
Figura 14. Valores asignados por FAZNI a Fuentes Alternativas de Energía	39
Figura 15. Resultados generales PIEC 2016-2020 (Inversión en millones de pesos)	40

Lista de tablas

Tabla 1. Disponibilidad energía solar por regiones	6
Tabla 2. Comparativo energía eólica y fotovoltaica global 2015.....	6
Tabla 3. Estrategias e instrumentos orientados a la expansión de cobertura.....	16
Tabla 4. Consumo básico rural	21
Tabla 5. Lista de cargas para escuela de 12 y 60 estudiantes	22
Tabla 6. Precios elementos básicos 2015	28
Tabla 7. Asignación de recursos de los fondos FAER FAZNI 2013-2015	38

Lista de abreviaturas

AC: Corriente Alterna

A/H: Amperios / Hora

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

ASIC: Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

CEPAL: Comisión Económica Para América Latina y el Caribe

CO₂: Dióxido de carbono

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social

COP: Pesos Colombianos

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas

DC: Corriente Directa

FAER: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales

FAZNI: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de Zonas No Interconectadas

FECF: Fondo Especial Cuota de Fomento

FENOGE: Fondo de Energías No Convencionales, y Gestión Eficiente de la Energía

FNCER: Fuentes No Convencionales de Energía Renovable

FV: Fotovoltaica

GW: Giga Watts. Equivale a 10⁹ watts

ICEE: Índice de Cobertura de Energía Eléctrica

ICEL: Instituto Colombiano de Electrificación

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IEA: Agencia Internacional de Energía

IPP: Índice de Precios del Productor

IPSE: Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas

MEN: Ministerio de Educación Nacional

MGA: Metodología General Ajustada

MME: Ministerio de Minas y Energía

MW: Mega Watts. Equivale a 10^6 watts

ONG: Organizaciones No Gubernamentales

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PIB: Producto Interno Bruto

PIEC: Plan Indicativo de Expansión de Cobertura

PNBC: Política Nacional de Biocombustibles

PRONE; Programa de Normalización de Redes Eléctricas

PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía

RECIEE: Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética

REN21: Renewable Energy Policy Network for the 21 century

SELF: Solar Electric Light Fund

SIEL: Sistema de Información Eléctrico Colombiano

SIN: Sistema Interconectado Nacional

SGIC: Sistema de Gestión de Información y Conocimiento

SGR: Sistema General de Regalías

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética

USD: Dólar Estadounidense

XM: Compañía de Expertos en Mercados S.A. ESP

ZNI: Zona No Interconectada

Uso de energías alternativas a pequeña escala en regiones apartadas sin servicio de energía eléctrica en Colombia

Palabras clave

Energía renovable, Energías alternativas, Energía solar, Energía eólica, Zonas no interconectadas. Zonas aisladas

Resumen

En el presente documento se exponen los tipos de energía existentes en el planeta, su clasificación según tipo de fuentes, su grado de contaminación, así como su preferencia de uso y su desarrollo tecnológico en el mundo y en Colombia. El trabajo se enfocará en dos energías alternativas, como lo son la solar fotovoltaica y la eólica. De estas se analizarán los proyectos desarrollados en el país y que han dado solución a los habitantes de zonas apartadas a los centros de distribución de energía eléctrica, llamadas zonas no interconectadas. Un enfoque especial se dará a los proyectos que no requieren gran inversión ni gran infraestructura y que dan solución de energía eléctrica a una familia o pequeña comunidad.

Posteriormente se expondrá el marco legal establecido por el estado, donde se reglamenta e incentiva el uso de energías alternativas y si este cubre a los pequeños consumidores. Más adelante se indicarán los pasos a seguir para estructurar un proyecto de este tipo, así como la descripción de sus principales componentes.

Finalmente se darán algunas conclusiones y se presentarán algunas referencias bibliográficas que les sirvan a otros investigadores sobre el tema o a cualquier persona que quiera emprender un proyecto de energías alternativas en el país.

Introducción

Como parte del desarrollo sostenible y sustentable se ha venido promoviendo el uso de energías renovables (que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables) y dentro de estas, las no convencionales o alternativas (que poco se usan). A nivel mundial la población está tomando conciencia que las energías actualmente usadas, están dañando el medio ambiente y que de seguir así, la vida en el planeta será casi imposible. Colombia no es ajena a esta realidad y recientemente ha entrado en sintonía con el rumbo que trazan los países desarrollados, los que más contaminan. El presente trabajo mostrará el estado del arte de las energías alternativas en el mundo y en el país; y como pueden aplicarse en pequeña escala a consumidores en zonas no interconectadas.

A nivel mundial se avanza en la generación de políticas que permitan impulsar proyectos que aprovechen las energías limpias, como la solar y la eólica. En ese sentido, a nivel mundial se han creado redes en donde los diferentes actores pueden intercambiar información. Entre estas se destacan REN21, IEA, IRENA, etc.

El suministro de electricidad no tiene cubrimiento en todo el territorio colombiano, debido a la baja densidad poblacional o la topografía de algunas regiones que no justifican la realización de proyectos de electrificación, o bien por falta de presupuesto o algunas otras razones que impiden que toda la población, en especial de regiones apartadas, tengan acceso a energía eléctrica, que es un servicio básico. Pero el gobierno para tratar de dar 100% de cobertura, está generando políticas y diseñado herramientas.

En Colombia la entidad encargada de la formulación de políticas de energía, desarrollo y aprovechamiento de recursos es el MME a través de la UPME. De otro lado, el IPSE para las ZNI, adscrito al MME, se encarga de mejorar las condiciones de vida de las comunidades, a través de la identificación, elaboración, promoción y viabilización de

proyectos para llevar energía a las localidades que no la poseen o donde la prestación del servicio es deficiente.

La UPME creó el SGIC - FNCER, una página web para compartir información sobre temas relacionados con el desarrollo sostenible, fuentes no convencionales y energías renovables. En ella se encuentra información de proyectos ejecutados y en desarrollo.

En años recientes mediante distintos tipos de recolección de información, se ha construido una base de datos y mapas que contienen información precisa de los sitios UPME, que hacen parte del Sistema Interconectado Nacional y cuales están fuera de este. Dentro de este ejercicio se ha identificado las zonas aisladas, donde no es rentable llevar electricidad por medio de una red, sino que es mejor generar localmente la electricidad. Para este fin, el gobierno dentro del PND, por intermedio de la UPME debe crear el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica, en el cual se fija unas metas para los proyectos de inversión y cobertura en los siguientes cuatro años. Dentro de esta perspectiva de mejoramiento de cobertura, se generan unos proyectos de expansión de redes y otros de generación de electricidad por medio del uso de energía fotovoltaica y eólica.

De los proyectos con energías alternativas realizados en los últimos años en el país, se destacan algunos que dieron solución a familias y pequeñas comunidades de regiones apartadas, de los departamentos de La Guajira y Chocó principalmente. Dentro de los mapas realizados se tiene identificado el potencial de vientos y energía solar para cada sitio, referenciado geográficamente.

1. Marco teórico

1.1 Energía y Desarrollo Sostenible

Se define el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987, p.59).

Es el principio rector para el desarrollo mundial a largo plazo y trata de lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente.

En los últimos años, gracias a los avances tecnológicos, a nivel mundial se manejan bases de datos con indicadores de aspectos energéticos. Como se describe en IEA (2015) “Los indicadores energéticos son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Muestran a quienes formulan las políticas dónde pueden efectuarse ahorros de energía, suministran información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía” (p.17).

La CEPAL, tiene acceso a estadísticas, incluyendo las áreas económica, demográfica, social y medioambiental, con una cobertura de países que incluye a Colombia. En 2001 CEPAL comenzó la implementación de una base de datos sobre indicadores de eficiencia energética (IEA, 2015, p.156).

Las energías y recursos renovables no se agotan necesariamente, si la explotación se mantiene dentro de los límites que establecen la regeneración y el crecimiento natural (ONU, 1987, p.62). En ese orden de ideas se deberían aprovechar más los recursos inagotables del sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra (denominadas energía solar, eólica, biomasa, hidráulica, océanos, geotérmica) para generar energía eléctrica, pues las fuentes de energía actuales como el petróleo, gas y carbón contaminan, aumentando la emisión de gases de efecto invernadero.

1.2 Tipos de energía existentes en el planeta

1.2.1 Energías no renovables

- Nuclear
- Combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón)

1.2.2 Energías renovables

- Hidráulica
- Biomasa
- Geotérmica
- Biocombustibles (biodiesel, bioetanol, biogas)
- Oceánica (mareomotriz)
- Eólica (costa afuera, costa adentro)
- Solar (fotovoltaica y térmica)

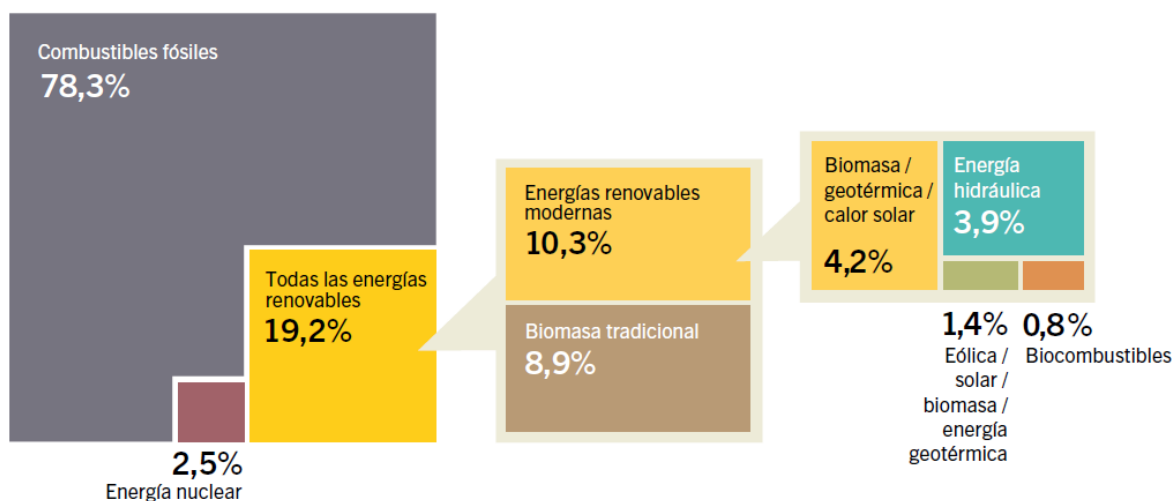


Figura 1. Distribución de consumo mundial energía en 2014

Fuente: REN21 (2016a) p. 18

De las energía alternativas que producen electricidad, a la eólica y fotovoltaica se les dará más importancia en este trabajo, debido a que son las de mayor crecimiento a nivel mundial.

1.3 Energía eólica

Se aprovecha la energía del movimiento del aire para convertirla en energía mecánica (molinos de viento) o eléctrica mediante una hélice o turbina que puede estar adosada al eje de un generador de electricidad, llamado comúnmente aerogenerador, usado en los parques eólicos. Esta energía eléctrica generada, puede estar conectada al SIN o suplir de energía eléctrica a una región apartada, como un sistema aislado.

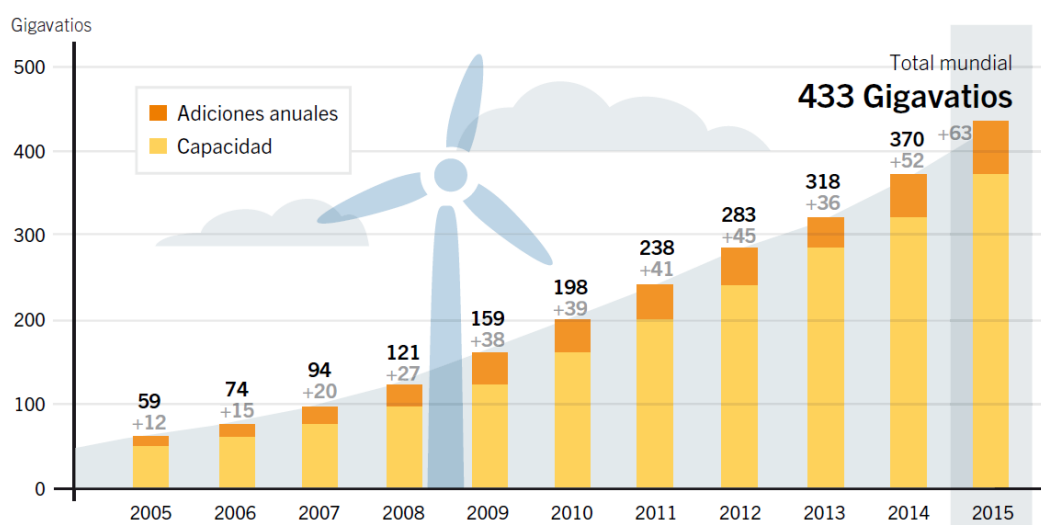


Figura 2. Crecimiento mundial de energía eólica
Fuente: REN21 (2016a), p.24

Tuvo un crecimiento en el mundo de 22% al 2015. Este tipo de energía adicionó a nivel mundial en el 2015 cerca de 63 GW. Más de la mitad de la capacidad de energía eólica, ha sido instalada en los últimos 5 años (ver figura 2). Se destaca Dinamarca el cual genera el 39,1% de su energía eléctrica por medio del aire (REN21, 2016b, p.75).

De acuerdo con REN21 (2016b) a nivel Latinoamérica, 9 países adicionaron en 2015 cerca de 4.4 GW llegando a 15.3 GW, de los cuales Brasil (2.8 GW) fue el responsable de 57% de la región, terminando con 8.7 GW (...). Le sigue México que adicionó 0.7 GW pasando a 3 GW, Uruguay adicionó 0.3 GW y Panamá que agregó 0.2 GW (p.76).

En Colombia la región caribe, los Santanderes y en especial la Guajira, son las zonas donde se puede encontrar mayor potencial para este tipo de energía, debido a las velocidades de los vientos Alisios con velocidades de 9 m/s a 80 metros de altura (UPME 2015, p.38).

Un estudio de Huertas y Pinilla (2007) encontró que “por kilómetro cuadrado de terreno, y en las condiciones del norte de la Guajira, se pueden instalar cerca de 54 MW eólicos, los cuales producirían cerca de 250 GWh/año/km² (Pinilla 2008, p.67-68).

Posteriormente, Pinilla (2008) concluyó que “solamente en la región Caribe, incluida la Guajira, se pueden instalar más de 20 GW en parques eólicos. Ahora bien, si se quisiera extender a zonas de playa o en el mar, este potencial puede resultar mayor a 50 GW” (p.68).

El único proyecto conectado al SIN es el Parque Eólico Jepírachi, en idioma wayú significa vientos provenientes del nordeste. Aprovechan los vientos alisios que soplan casi todo el año en esta parte de la península, a un promedio de 9,8 metros por segundo. El parque entró en operación el 19 de abril de 2004. El parque eólico está ubicado en el Municipio de Uribia, en la alta Guajira colombiana, cerca de Puerto Bolívar y del Cabo de la Vela. “Está conformado por 15 aerogeneradores marca Nordex N60/ con una capacidad de 1.300 kW cada uno, para una capacidad instalada total de 19,5 MW de potencia nominal. Los aerogeneradores están compuestos por un rotor de 60 metros de diámetro y un generador, instalado sobre una torre de 60 metros de altura. Están distribuidos en dos filas de 8 y 7 máquinas respectivamente, separadas aproximadamente 1.000 metros. La distancia promedio entre aerogeneradores es de 180 metros, conservando una orientación de 10° Norte” (EPM, 2010, p.10).

1.4 Energía solar fotovoltaica

La energía proveniente de la radiación solar se puede aprovechar de manera directa para calentar (térmica) y de manera indirecta para generar energía eléctrica mediante paneles solares FV (fotovoltaica). Esta última será de la que se hablará en este documento. Esta energía eléctrica

generada, puede estar conectada al SIN o suplir de energía eléctrica a una región apartada, como un sistema aislado.

Como se ve en la figura 3, a nivel mundial, la energía FV creció en el 2015 el 25%, más de 50 GW fueron adicionados. China se destaca por incrementar en 15,2 GW para llegar a 44 GW instalados de energía solar fotovoltaica (REN21, 2016a, p.22).

El precio promedio de un módulo de silicio multicristalino, bajó en 2015 el 8%, USD 0.55/Watt. Asia produce el 87% de paneles solares usados a nivel global. Latinoamérica adicionó 1.1 GW en 2015. Chile instaló 0.4 GW, 71 Honduras agregó 0.4 GW. México y Brasil retrocedieron en su incremento (REN 21, 2016b, p.64).

En cuanto a energía solar térmica a nivel mundial lidera España, con 2,3 GW instalados a 2015. A nivel Latinoamérica Chile desarrolla un proyecto de 110 MW en Atacama (REN 21, 2016b, p.68).

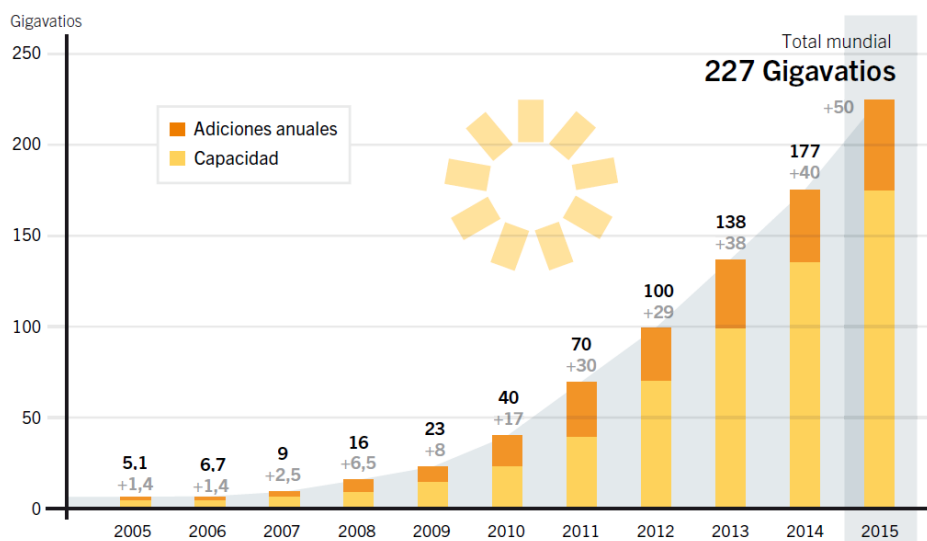


Figura 3. Crecimiento mundial de energía solar fotovoltaica
Fuente: REN21 2016a, p.22

A nivel de Colombia, de acuerdo con el Atlas de radiación solar de la UPME, regiones particulares del país como son La Guajira, una buena parte de la Costa Atlántica y otras regiones

específicas en los departamentos de Arauca, Casanare, Vichada y Meta, entre otros, presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional que pueden llegar al orden de los 6,0 kWh/m²/d. Se debe tener en cuenta que nuestro país por estar ubicado en la zona tropical, goza de radiación solar durante todo el año, a diferencia de los países con estaciones. En la tabla 1 se puede ver la disponibilidad de energía solar por regiones.

Tabla 1. Disponibilidad energía solar por regiones

REGIÓN	kWh/m ² /año
Guajira	2190
Costa Atlántica	1825
Orinoquia	1643
Amazonia	1551
Andina	1643
Costa Pacífica	1279

Fuente: UPME IDEAM, 2004, p.20

Tabla 2. Comparativo energía eólica y fotovoltaica global 2015

Característica	Eólica	Fotovoltaica
Capacidad instalada	433 GW	227 GW
Crecimiento	22%	25%
Contaminación *	15 Kg CO ₂ eq/MWh	50 Kg CO ₂ eq/MWh
Costos fijos O&M	40000 USD/MW	6500 USD/MW
País con mayor capacidad instalada	China 145 GW	China 44 GW
Empleos generados	1'081.000	2'772.000
Disponibilidad del recurso	Variable día/noche	Variable día

* Motor de combustión 1000 Kg CO₂ eq/MWh

Fuente: REN21 2016b y UPME 2015

2. Panorama mundial

A continuación se presentan los datos más importantes que tienen que ver con el comportamiento y distribución energía a nivel mundial, de acuerdo con el Informe General de

REN21 (2016a), indica que el consumo de energía tiene una distribución de: 80,8% no renovables (78,3 combustibles fósiles y 2,5% nuclear) y el restante 19,2% renovables. Dentro de este último porcentaje el 10% son renovables modernas (1,4% alternativas) y 8,9% biomasa tradicional (p.18).

En el sector de generación de energía eléctrica, la capacidad de generación se aumentó en 9%, su distribución es: el 76,3% energías no renovables y el 23,7% renovables y dentro de este último porcentaje el 16,6% es hidráulica, el 7,3% eólica, 2% biomasa, 1,2% solar fotovoltaica, 0,4% otras (REN21, 2016a, p.18).

El informe, en su versión en inglés, también indica que en América Latina se destaca Costa Rica que genera 99% de electricidad con energías renovables; Uruguay el 92,8%. Brasil es el segundo país a nivel mundial en aumento de generación de electricidad con energía hidráulica y cuarto en aumento de generación con energía eólica (REN21, 2016b, p.34).

Las cifras presentadas en los párrafos anteriores son alentadoras y permiten a la población mundial ser optimista en cuanto al cambio de comportamiento de los países industrializados de cara a lograr las metas propuestas en los acuerdos ambientales firmados, en especial al acuerdo de Paris (COP21) sobre cambio climático.

Las necesidades energéticas del mundo siguen creciendo, pero muchos millones de personas están quedándose al margen. En nuestro escenario principal, un aumento del 30% de la demanda energética mundial hasta 2040 significa un aumento del consumo de todos los combustibles modernos, pero los agregados mundiales ocultan una multitud de diversas tendencias y una significativa sustitución entre combustibles. Además, cientos de millones de personas en 2040 seguirán careciendo de los servicios energéticos básicos (IEA, 2016b, p.1).

En macroeconomía se viene trabajando el término eficiencia energética e intensidad energética. Este último lo define la IEA como la cantidad de energía consumida por actividad o

producción entregada por sub-sector y uso final. Es calculada como la energía consumida dividida por el PIB. La intensidad energética la determinan factores como la estructura económica, el tipo de industria base, el tipo de cambio, el costo de los servicios energéticos, el tamaño del país, el clima (IEA, 2015, p17)

2.1 Las cifras del desarrollo sostenible

El resumen ejecutivo de IEA (2016b) suministra algunos datos para tener en cuenta, acerca del desarrollo sostenible:

- El crecimiento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía se estancó completamente en 2015, debido a una mejora del 1,8% de la intensidad energética de la economía mundial, derivada de la eficiencia energética, así como por el uso generalizado de fuentes de energía más limpias, esencialmente renovables, en todo el mundo (p.1).

- La energía limpia ha atraído una buena parte de los aproximadamente 1,8 billones USD que se invierten cada año en el sector energético, en beneficio del escenario 450, que tiene como objetivo bajar las emisiones de CO₂ a 450 ppm (partes por millón) para limitar el calentamiento global a 2°C (p.1).

- El valor de las subvenciones al consumo de combustibles fósiles se redujo en 2015 a 325000 millones USD, desde los casi 500 000 millones USD del año anterior, lo cual refleja el descenso de precios de dichos combustibles (p.1).

- El gas natural logra el mejor resultado entre los combustibles fósiles, viendo aumentar su consumo en un 50%. El crecimiento de la demanda de petróleo disminuye y el consumo de carbón se estanca (p.2).

- El número de autos eléctricos a 2015 es de 1,3 millones y se pronostica más de 150 millones en 2040, reduciéndose la demanda de petróleo en aproximadamente 1,3 millones de barriles por día (p.3).

- De aquí a 2040, se prevé una reducción adicional del 40-70% en el costo medio de la energía solar FV y del 10-25% en el de la energía eólica onshore (p.4).

- El 60% de toda la capacidad de generación eléctrica nueva en 2040 será de las energías renovables y la mayor parte es competitiva sin subvención alguna (p.4).

- En el Escenario 450, se prevé que casi el 60% de la electricidad generada en 2040 provenga de energías renovables y la mitad de ese porcentaje, de las energías eólica y solar fotovoltaica (p.5).

- La intensidad media de emisiones de CO₂ de la generación eléctrica actual es de 515 g CO₂/kWh, el escenario pronostica descenso a 80 gramos de CO₂ por kWh en 2040 (p.5)

2.2 Caso de éxito en el uso de energía FV en Haití

Actualmente en Haití, 7 de los 10 millones de habitantes no cuentan con servicio de electricidad. Haití es además altamente dependiente de combustibles no sostenibles, sobre todo el diésel y el petróleo pesado. Esta dependencia tiene impactos negativos económicos, sociales y ambientales. La infraestructura eléctrica de Haití se caracteriza por su alto costo, baja fiabilidad, deficientes operaciones y falta de mantenimiento. La ineficiencia administrativa y la escasa capacidad de recaudación, sumados al robo de electricidad y fraude, son sólo algunos de los problemas que afectan a la compañía pública nacional, que tiene el monopolio sobre la electricidad (BID, 2016, p.6).

El informe “Cómo encender la luz en Haití” del Banco Interamericano de Desarrollo (2016) describe un proyecto exitoso del uso de energía solar fotovoltaica en Haití, luego del terremoto sufrido en 2010. El proyecto se desarrolló entre 2011 y 2015. Los fondos del proyecto provinieron del BID US\$1'000.000, el Banco Mundial US\$1'000.000 y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial US\$1'000.000 (BID, 2016, p.5). El ejecutor del programa fue la ONG SELF.

Los beneficiados fueron los habitantes de campos de refugiados en su capital Puerto Príncipe. En particular los centros de salud Chantal, Saint Jean, Tiburón, Chardonnières, Les Anglais, Port-à-Piment, Damassin, Coteaux, Roche-à-Bateaux, Cote de Fer, Randel e Ile-à-Vache (BID, 2016, p.5).

Se tuvieron algunos problemas, que se convirtieron en retos para el ejecutor, en primer lugar el acceso a los sitios donde se instalan los equipos, por la inexistencia o mal estado de las vías para el acceso de vehículos, pues se trata de zonas apartadas y devastadas por el terremoto. En segundo lugar, cuando el consumidor final es un grupo de personas de una comunidad, siempre se tiene el inconveniente de la falta de coordinación entre los interesados y el gobierno. En tercer lugar se presentó el vandalismo y robo de los elementos del sistema fotovoltaico. Finalmente el problema de entregar el proyecto funcionando a una entidad del gobierno sin recursos para su operación y mantenimiento y la falta de personal calificado.

El proyecto consistió en suministro y montaje de paneles solares para generar energía eléctrica para alumbrado público con el fin de mejorar la inseguridad en las noches. Igualmente suplir de energía eléctrica a los equipos médicos de los centros de salud, que le permitió atención nocturna, refrigeración de vacunas.

Este proyecto es el fiel reflejo de los proyectos que se gestionan en países en vía de desarrollo, con poblaciones ubicadas en zona rural, en los cuales se van a presentar los mismos problemas y que evidencian los retos de la electrificación rural. Para los cuales su financiación y ejecución debe hacerse mediante organismos nacionales o internacionales.

A raíz del éxito del proyecto, se han gestado nuevos proyectos de mayor potencia y mayor cobertura, las “minirredes solares” del orden de los 110 kW y 1200 metros de redes; igualmente financiados por el BID, que cobijan escuelas y centros religiosos (BID, 2016, p.11).

3. Panorama colombiano

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables. Actualmente, la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos; como se muestra en la figura 4 (UPME, 2015, p.24).

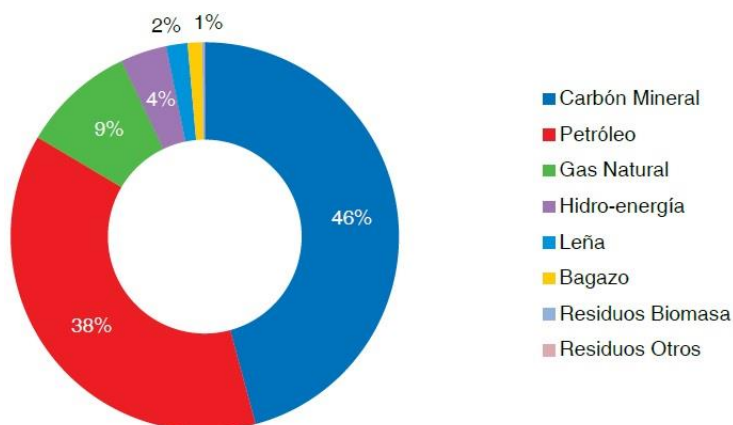


Figura 4. Explotación y producción nacional de recursos energéticos primarios en 2012
Fuente: UPME 2012 (como se citó en UPME 2015, p.24)

En años recientes (2011-2014) debido al alto precio del barril de petróleo, que superaba los 100 dólares, al desarrollo de las cumbre ambiental de RIO 2012, que imponían restricciones al uso de combustibles fósiles, los países se vieron en la necesidad de intensificar su investigación con el objetivo de reducir costos en estas energías alternativas que no se habían impulsado. Colombia siguiendo esta tendencia mundial y aprovechando su ubicación geográfica, empieza a incluirlas como elemento importante en su matriz energética, estableciendo metas a corto plazo como fueron la adición de metanol a la gasolina y de biodiesel (aceite de palma) mezclado con diésel de petróleo.

En la figura 5 se muestra la distribución de la generación de energía eléctrica, compuesto por las hidroeléctricas con el 70,4%, seguida de las plantas térmicas con combustible fósil con el

29,1% quedando menos del 0,5% para energías alternativas (eólica y solar). Las perspectivas apuntan a bajar la generación de energía con combustible fósil y aumentar la generación con energías alternativas no convencionales.

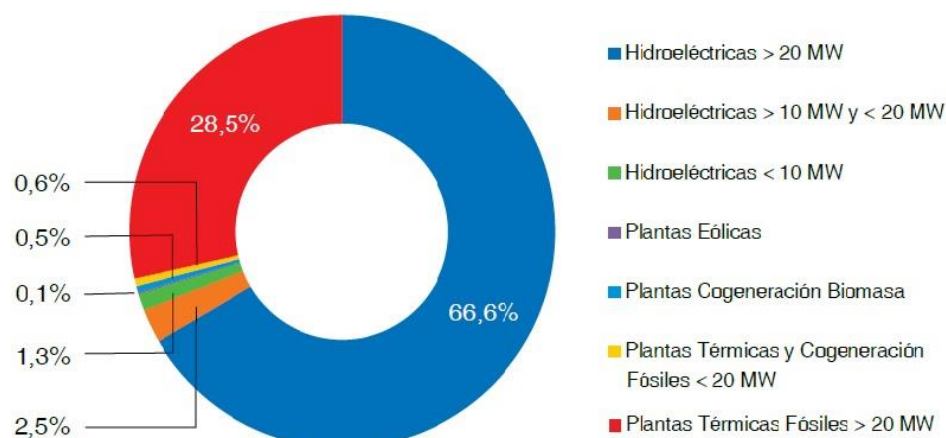


Figura 5. Capacidad de generación eléctrica del SIN a diciembre de 2014
Fuente: XM 2014 (como se citó en UPME 2015, p.26)

Las principales razones para el poco desarrollo de las energías no convencionales renovables en Colombia, radica en (UPME, 2015, p27):

- Altos costos de inversión asociados
- Abundancia de recursos convencionales (hidráulico) que generan el 70,4% de la electricidad.
- Dificultades socioculturales y políticas para el ejercicio de acciones dirigidas a producir resultados de largo plazo.
- Desconocimiento de las tecnologías de energías renovables
- Falta de voluntad política por parte del Gobierno Nacional y los tomadores de decisiones del sector energético para definir una estrategia para el aprovechamiento de los recursos energéticos de origen renovable que se tienen disponibles.

Es así como a pesar de haberse fijado algunas metas indicativas para la participación de estas fuentes en la canasta eléctrica, estas no se han cumplido, a raíz de la ausencia de instrumentos conducentes a tal propósito, que ha obedecido a su vez a la inexistencia de una

política firmemente establecida que apoye y promueva el desarrollo y utilización de estas (UPME, 2015, p27).

De otro lado, en los años 1992-1993 y más recientemente en 2016 los largos periodos de sequía a consecuencia del fenómeno de El Niño, ha hecho vulnerable nuestro sistema basado en energía hidroeléctrica, por lo que se ha dado impulso a las centrales térmicas alimentadas con carbón y principalmente por gas natural, con recursos de los usuarios bajo el cobro de cargo por confiabilidad, que suponía que se invertiría en mantener las centrales térmicas en óptimo estado para entrar en funcionamiento, cuando el sistema hidráulico colapsara. Pero no se cuenta que el gas natural es una fuente de energía que en nuestro país se agota. De ahí que se venga impulsando la generación por fuentes no convencionales y que se conecten al SIN.

3.1 Políticas y Marco legislativo colombiano

A continuación se describe de manera cronológica, algunos hechos que forman parte de las políticas y marco normativo de las energías no convencionales para ZNI.

La Ley 142 de 1994 estableció “Elaborar cada cinco años un plan de expansión de la cobertura del servicio público, en el cual se determinen las inversiones públicas que deben realizarse y las privadas que deben estimularse”, desde entonces han sido varios los esfuerzos por reglamentar la expansión de cobertura (UPME PIEC, 2016, p 7).

El gobierno nacional a través del MME, mediante el Artículo 5 de la Ley 697 creó el PROURE “cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables” (Ley 697 de 2001).

“La Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE, se creó en el año 2003, bajo una iniciativa conjunta de doce grupos de investigación y el apoyo del

departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias. Tiene como objetivo la alineación y creación de capacidades nacionales para el desarrollo, promoción y adopción de tecnologías, y su integración con la industria y la sociedad” (RECIEE 2016).

El FAZNI fue definido por el artículo 82 de la Ley 633 de 2000, como un fondo cuenta especial del Ministerio de Minas y Energía sin personería jurídica, sujeto a las normas y procedimientos establecidos en la Constitución Política de Colombia, el Estatuto Orgánico del Presupuesto Nacional y demás normas vigentes aplicables.

Así mismo, la Ley 855 de 2003 definió las zonas no interconectadas como los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al SIN. La Resolución MME 18-0919 de 2010 estableció metas equivalentes para las ZNI, consistentes en una participación de 20% y 30% de FNCE en las capacidades de generación allí instaladas, para los años 2015 y 2020, respectivamente.

La resolución 355 de 2004 del MME UPME establece el consumo de subsistencia que se ha venido usando para definir la mínima cantidad de energía eléctrica a suministrar para satisfacer necesidades básicas, en el momento de ampliar la cobertura. Adicionalmente, este monto también es el máximo que puede ser objeto de subsidio por parte del estado.

Ley 1099 de 2006 en su Artículo 1, estableció que por cada kilovatio-hora despachado en la Bolsa de Energía Mayorista, el ASIC- recaudará un peso (\$1.00) moneda corriente, con destino al FAZNI. Este valor será pagado por los agentes generadores de energía y tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2014 y se indexará anualmente con el índice de precios al productor (IPP) calculado por el Banco de la República.

Mediante el Decreto 1124 de 2008 se reglamenta el FAZNI. En sus artículo 4° Destinación de recursos, dice: para financiar planes, programas y/o proyectos priorizados de inversión para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica y para la

reposición o la rehabilitación de la existente, con el propósito de ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las Zonas No Interconectadas.

El MME estableció a través de Resolución 18-0919 de 2010 la adopción del PROURE, metas indicativas para lograr una participación del 3,5% de FNCE en términos de la capacidad instalada del SIN para el año 2015, e incrementar dicha participación al 6,5% para el año 2020. De acuerdo con cifras disponibles a diciembre de 2014, a tal fecha, la participación de FNCE en el SIN es del 2,71% en capacidad instalada.

Las políticas colombianas incentivan el uso de energías alternativas, mediante la Ley 1715 del 13 de mayo del 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, como medio necesario para el desarrollo económico sostenible con el fin de cubrir el déficit de energía eléctrica en zonas donde no llega el sistema interconectado correspondientes al 66% del territorio nacional (MME-PROURE, 2010, p.12). En el artículo 10 se crea el FENOGE. En sus artículos 19 y 20 habla del desarrollo de la energía solar y eólica respectivamente; que debe reglamentarse y fomentar el aprovechamiento de los recursos en zonas aisladas. En el Capítulo III se habla de incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía, renta, IVA, aranceles y depreciación. El capítulo VI menciona desarrollo y promoción de las FNCE en las ZNI

Lo descrito en la ley 1715 es el primer gran paso de un país hacia la transformación de su matriz energética, para ir en la dirección correcta que marca el desarrollo sostenible y sustentable, dando incentivos a las empresas inversionistas animándolas a estructurar proyectos de generación usando FNCE y que se interconecten con el sistema nacional o local, para comercializarla.

De otro lado, es necesario que se reglamente la forma como se va a acceder a dichos incentivos. Definir qué documentación se debe presentar, qué plazos se tomarán los dos

ministerios y la ANLA para aprobación del proyecto; pues esto finalmente podría convertirse en el cuello de botella o principal obstáculo para el desarrollo de proyectos de esta índole.

El decreto 1623 de 2015 define las zonas aisladas como “las ZNI a las que no es eficiente económicamente conectar al SIN”. En el capítulo III se reglamenta la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en ZNI y en zonas aisladas

Tabla 3. Estrategias e instrumentos orientados a la expansión de cobertura.

POLÍTICA PÚBLICA	REGULACIÓN	PLANEACIÓN Y ESQUEMAS		FONDOS
Ley 1753 PND 2014-2018 META: 173.469 viviendas	Res. CREG 024-2016 Metodología para la remuneración Dt en el SIN	PIEC Estimación inversión de la universalización	Plan para el Posconflicto Estrategia de expansión de cobertura en áreas de posconflicto	FAER Fondo de Apoyo Financiero para Energización Rural del SIN
Ley 1715 Ley de Renovables	Res. CREG 004-2014 Fórmula tarifaria ZNI	PERS Estrategia de levantamiento de información rural	Plan Pazífico Estrategia para el desarrollo socioeconómico en la región Pacífico	FAZNI Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas no Interconectadas
Decreto 1623 Lineamientos para expansión de cobertura en SIN y ZNI	Res. CREG 027-2014 Áreas de Servicio Exclusivo	PEN Estrategias para desarrollo futuro energético colombiano	Esquemas Empresariales Implementación de esquemas para la prestación del servicio en ZNI	SGR Sistema Genaral de Regalías

Fuente: PIEC 2016, p.7

3.2 Proyectos de energías alternativas en el país

La meta establecida por el PND para el 2018 es tener una capacidad instalada de fuentes no convencionales y energías renovables en el sistema energético nacional de 11.113 MW, tomando como línea base los 9.893 MW que se tenían al 2013 (PIEC, 2016, p.9).

Las energías alternativas en Colombia se han venido usando recientemente, a raíz de los primeros estudios y mediciones de los potenciales de energía eólica y solar fotovoltaica, con las que se realizaron los mapas y atlas de radiación solar, viento y energía eólica en Colombia, como una primera aproximación al potencial energético del país.

En 1999 el Ministerio de Minas y Energía transformó el ICEL en el IPSE para ejecutar los lineamientos y las políticas; liderar y coordinar los proyectos del estado, con energías alternativas

en las zonas sin electricidad. Los siguientes son algunos de los proyectos realizados por el IPSE, los cuales ya fueron ejecutados y se encuentran en operación.

3.2.1 Electrificación de escuelas rurales

El MEN tiene priorizadas 1075 escuelas en 22 departamentos del país, que no cuentan con servicio de energía eléctrica, de un total de 4455 escuelas a nivel nacional que no poseen el servicio o es insuficiente. Con la idea de suministrar energía eléctrica para iluminación y el acceso a conectividad con computadores portátiles o con tabletas, aula de sistemas e internet satelital.

Para la escogencia de las escuelas piloto se tuvieron en cuenta criterios tales como:

- Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI)
- Sitios que pertenezcan a las zonas no interconectadas. (ZNI).
- Zonas Fronterizas
- Sitios que se encuentran en el Plan Nacional de Consolidación Territorial.

El proyecto también tiene un sentido investigativo y tecnológico, pues se podrán comparar los resultados de la generación con energía solar fotovoltaica en tres diferentes zonas del país.

Beneficia a comunidades de Guainía, Amazonas y Guajira, más de 750 estudiantes de bajos recursos reciben educación de calidad y cientos de familias acceden a los servicios de salud de forma oportuna, gracias a la energización de sus escuelas y centros de salud. Algunas de las escuelas beneficiadas con este proyecto fueron:

- Centro Educativo Internado de Raudal de Mapiripana en Barrancominas Guainía, cuenta con 180 alumnos. El 7 de noviembre del 2011 se realizó la entrega oficial del sistema híbrido solar diésel del centro educativo, dotado de un sistema de generación fotovoltaica de 5,76 kW, con

refrigerador para comedor comunitario, acometidas eléctricas exteriores e interiores y cuarto de equipos, en correcto funcionamiento (IPSE Ecovatios, 2012, p.12).

- Centro Educativo Internado de Pueblo Nuevo en Barrancominas (Guainia), con 220 estudiantes.

El 9 de noviembre del 2011 se hizo entrega oficial del sistema híbrido solar-diésel dotado de un campo solar fotovoltaico de 4,32 kW, incluyendo refrigerador para comedor comunitario, acometidas eléctricas exteriores e interiores y un cuarto de equipos, funcionando al cien por ciento (IPSE Ecovatios, 2012, p.12).

- Internado de Cerro de la Teta de Uribia, en la Guajira, con 150 estudiantes. El 29 de noviembre del 2011 se hizo entrega del sistema híbrido solar-eólico dotado de un campo solar fotovoltaico de 2,88 kWp y un aerogenerador de 5 kW que incluye refrigerador, acometidas eléctricas exteriores e interiores, y cuarto de equipos en correcto funcionamiento (IPSE Ecovatios, 2012, p.12).

- Al centro de Salud de La Chorrera en Puerto Nariño (Amazonas) que beneficia a 3550 habitantes, se hizo entrega el 9 de noviembre del 2011, de un sistema híbrido solar diésel con un campo de generación fotovoltaica de 3,6 kW, con refrigerador para conservación de vacunas, acometidas eléctricas exteriores e interiores y cuarto de equipos, en total funcionamiento (IPSE Ecovatios, 2012, p.12).

- Proyecto para suplir de energía solar y eólica a una escuela de 300 niños internos de la Institución Flor del Paraíso, Localidad del Municipio de Uribia (Guajira), 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 y banco de almacenamiento de energía libre de mantenimiento (IPSE, 2012, p.12). El 29 de noviembre del 2011 se hizo entrega del sistema híbrido solar-eólico dotado de un campo solar fotovoltaico de 2,88 kWp y un aerogenerador de 5 kW; el sistema se entregó en correcto funcionamiento que

incluye acometidas eléctricas exteriores e interiores y cuarto de equipos. (IPSE Ecovatios, 2012, p.12)

3.2.2 Proyecto Nazareth y Puerto Estrella

Los poblados de Nazareth y Puerto Estrella en la región de La Guajira (Colombia), con una población superior a los 2000 habitantes, no contaban con servicio de energía eléctrica a pesar de contar con grupos electrógenos que no funcionaban por los altos precios del petróleo y la dificultad de acceso a estos corregimientos, con un costo inicial de \$2.620 millones de pesos.

El IPSE se propuso mejorar la calidad de vida de los habitantes de estos corregimientos y aprovechando que la zona cuenta con buena velocidad de viento y radiación solar, la empresa ADES planteó una solución mediante la incorporación de distintas fuentes energéticas renovables (eólica y solar) en el sistema existente. La instalación que finalmente se encuentra en funcionamiento integra dos aerogeneradores marca ADES de 100 kW, un parque fotovoltaico de 100 kW con seguimiento, un banco de baterías, y tres grupos electrógenos, además de los correspondientes inversores, rectificadores y demás equipo eléctrico, y del sistema de control que se encarga de optimizar la gestión del conjunto. El proyecto fue entregado a la comunidad en 2015. Ver <http://www.ades.tv/es/idi/proyectos/proyecto-nazareth-la-guajira-colombiana/id/30>.

El IPSE ha realizado proyectos con ayuda de algunos países como Alemania, Corea, Japón, USA, en zonas como Meta Chocó, Nariño, La Guajira, con energías solar fotovoltaica y eólica (IPSE, 2012, p.3).

3.2.3 Resultados de los proyectos

La energía producida mediante estos nuevos sistemas, supera en gran medida la demanda energética de cada una de las comunidades beneficiadas, lo que garantiza la prestación de un servicio eficiente, confiable y oportuno. En algunos casos el avance del proyecto estuvo condicionado a las circunstancias climáticas y de orden público de la zona, aunque no generaron

retrasos significativos. La aceptación de la comunidad fue buena, además, durante la ejecución del proyecto, la actividad económica local creció en gran medida, pues se contrató mano de obra local y se accedió a varios bienes y servicios.

El IPSE, por medio del CNM, para la mayoría de proyectos de ZNI, ha instalado sistemas de medición remota del consumo de energía, en donde se describe la demanda de energía entregada a la localidad, las horas promedio por día de la prestación del servicio de energía, la potencia máxima registrada en el periodo, curvas de carga e información de la calidad de la potencia eléctrica en cuanto a los niveles de tensión y frecuencia. Esto con el fin de garantizar la calidad y continuidad del servicio a la población; hacer seguimiento al proyecto; asegurar que las inversiones realizadas cumplieron su objetivo. En la figura 6 se muestran los porcentajes y horas de operación de los sistemas en las localidades con telemetría. Se tiene predominio del rango de 23-24 horas de operación correspondiente al 36% del total de localidades, lo cual indica continuidad en el servicio y el éxito de los proyectos ejecutados en esos sitios.

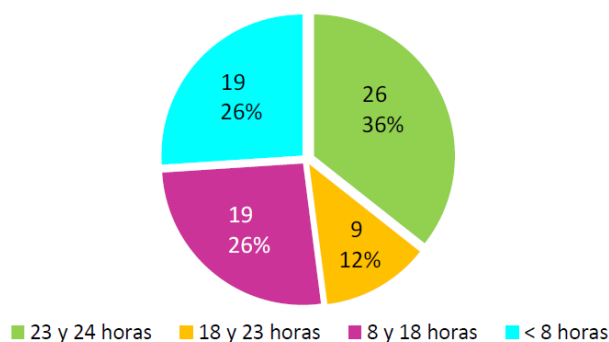


Figura 6. Estado de servicio de energía en localidades con telemetría
Fuente: IPSE 2016, p. 20

Adicionalmente en once sitios del territorio nacional, cuenta con estaciones de medición de potencial energético, donde captura información de radiación solar, velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente y presión atmosférica, para alimentar su base de datos y hacer un posterior análisis de información para futuros diseños de proyectos energéticos.

4. Aspectos técnicos

Como se ha indicado anteriormente la solución de energía eléctrica se enfoca a familias y pequeñas comunidades, de zonas apartadas del territorio, que cumplen las siguientes características:

- No tienen servicio de energía eléctrica, por lo que no tienen muchos equipos eléctricos.
- Se encuentre en una zona radiación solar, o en zonas con buena velocidad de viento, como fuentes de energía.

Tabla 4. Consumo básico rural

Uso	Equipo	Cantidad	Horas al día	Potencia [W]	Consumo [KWh/mes]
Iluminación	Bombillos	5.00	6.00	11.00	9.90
Fuerza motriz	Licuada	1.00	0.17	400.00	2.00
Equipos electronicos	TV	1.00	6.00	80.00	14.40
	Celular	1.00	5.00	2.40	0.36
Refrigeración	Nevera	1.00	9.00	180.00	48.60
Otro	Toma	1.00	5.00	100.00	15.00
Total					90.26

Fuente: PIEC, 2016, p.31

Para uso familiar el PIEC estima los tipos de carga y consumos mostrados en la tabla 4. Es de anotar que el consumo total mensual es inferior al consumo de subsistencia establecido por la resolución 355 de 2004 de UPME de 173 kWh-mes para poblaciones ubicadas en alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y 130 kWh-mes para poblaciones ubicadas en alturas superiores a 1000 msnm.

Para uso de escuelas, la tabla 5 muestra las cargas típicas para una escuela de 12 estudiantes y 60 estudiantes. Dotadas con lámparas LED para iluminación, un radio, y como material educativo televisor, grabadora, computador y reproductor de DVD.

Para uso en comunidades puede requerirse algún tipo de microrred de distribución para llegar desde el punto de generación de energía, hasta cada usuario. Por lo que se requiere instalar

Tabla 5. Lista de cargas para escuela de 12 y 60 estudiantes

Equipo	Número	Carga (wattios)	Horas de Uso	Carga Total-horas/día
Lámpara	4	15	4	240
Radio	1	20	2	40
Televisor	1	115	2	230
Computador	1	150	6	900
Grabadora	1	50	4	200
DVD	1	50	4	200
Prototipo 1: Wattios hora / día				1810

Equipo	Número	Carga (wattios)	Horas de Uso	Carga Total-horas/día
Lámpara	10	15	4	600
Radio	1	20	2	40
Televisor	1	115	2	230
Computador	5	150	6	4500
Grabadora	1	50	4	200
DVD	1	50	4	200
Prototipo 4: wattios hora día				5770

Fuente: IPSE 2012, p.11

medidor para el cobro de una tarifa de manera que se asegure cubrir los costos de operación y mantenimiento del sistema. En este grupo se incluyen energía para centros de salud, salones comunales y hasta locales comerciales. Opcionalmente se puede requerir energía para bombeo de agua potable, agua para riego u otro uso industrial.

4.1 Solución con energía solar fotovoltaica

Los equipos que componen una solución de suministro de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica, son los siguientes:

4.1.1 Panel Solar

Su función es convertir los rayos del sol en electricidad. Están fabricados de un semiconductor como el silicio, que al ser excitado por los fotones, genera electricidad. Asia produce el 87% de los módulos y China produce las dos terceras partes del total mundial (REN21, 2016b, p.65).

La cantidad de energía producida por un panel depende del área del mismo, la radiación solar y las horas que está expuesto a la luz solar. Las características técnicas de los paneles solares son:

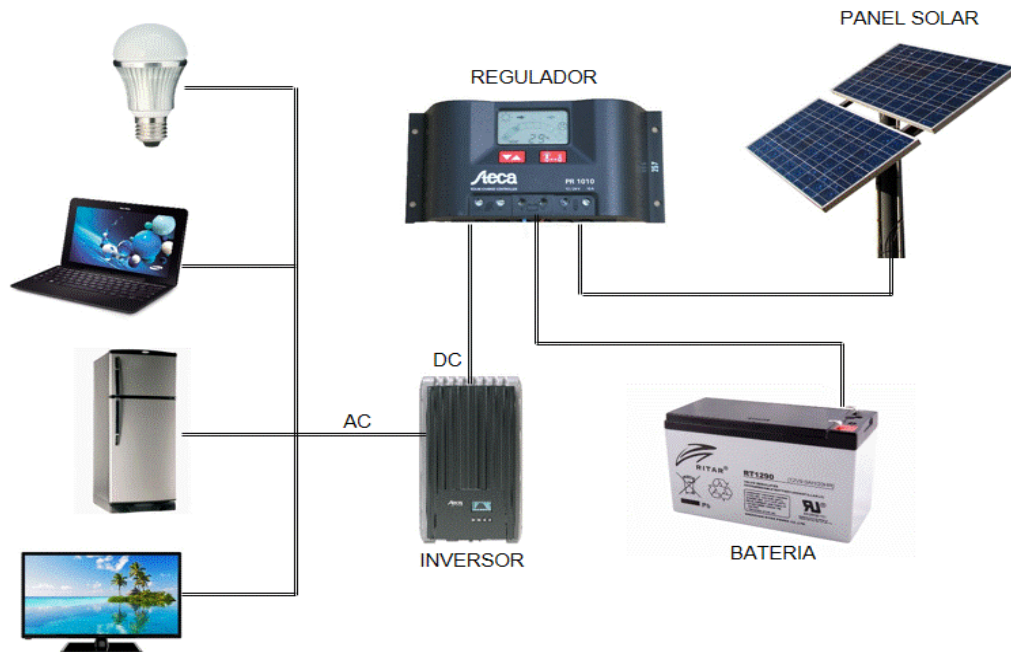


Figura 7. Sistema fotovoltaico autónomo
Fuente: Propia

- Tipo: Puede ser monocristalino y policristalino
- Capacidad: Los vatios pico Wp de potencia que genera
- Voltaje y corriente de salida: Los voltios y amperios de corriente directa que genera, puede ser 12 Vdc o 24 Vdc.
- Eficiencia: Ha mejorado 0.3% por año en los últimos 10 años, alcanzando 16% en 2013. Una eficiencia del 16% es el valor de Wp obtenido por un panel de 1 m² con una radiación de 1000 W/m² y a una temperatura de 25°C. Los módulos son usualmente garantizados para una vida útil de 25 años (IEA, 2014, p.12).

4.1.2 Regulador

La energía fluye desde la fuente de energía, que es el panel solar, hacia las baterías donde se almacena. Una función del regulador es evitar que las baterías, una vez cargadas totalmente, sigan recibiendo energía desde el panel solar, ya que estas pueden sufrir sobrecarga y dañarse o acortar su vida útil. La otra función es evitar que la carga de las baterías disminuya de un valor mínimo establecido por el fabricante. Se debe especificar indicando el voltaje y la corriente de entrada (provenientes del panel solar) y el voltaje y la corriente de salida (que van hacia las baterías).

4.1.3 Baterías

Debido a que la energía solar se produce solamente durante el día, es necesario almacenar energía eléctrica para consumir en las actividades nocturnas. Para esto es necesario el uso de baterías o acumuladores de energía. En las horas de la noche la energía fluye desde las baterías hacia los equipos (bombillos, tv, pc, etc.). Sus parámetros principales son el tipo, el voltaje de alimentación en voltios (V) y la capacidad de almacenamiento en amperios/hora (A/h)

4.1.4 Inversor

Los paneles solares generan electricidad de corriente directa (DC) el mismo tipo de corriente de las baterías. Pero este tipo de corriente difiere de la que tenemos en nuestros hogares conectados a una red pública, que es corriente alterna (AC). La mayoría de equipos electrodomésticos se han diseñado para 110Vac, por lo que se hace necesario pasar la corriente DC generada en los paneles y guardada en las baterías, a corriente AC. Esa es la función del inversor.

Debido al auge de sistemas alimentados con energía solar (DC), se consiguen cada vez más equipos alimentados por corriente directa, a 12 Vdc, 24 Vdc & 48Vdc. En caso que todas las cargas se puedan alimentar con corriente DC, no se requeriría el inversor.

4.1.5 Otros

Adicionalmente a los elementos anteriormente mencionados se requieren cables para interconectar los elementos mostrados en la figura 7, puesta a tierra del sistema, estructuras de soporte para el panel solar, un espacio bajo techo adecuado para montar los equipos.

Aunque en la web existen programas gratuitos para dimensionar el sistema fotovoltaico, se requiere incluir el costo de horas hombre ingeniero para el dimensionamiento del sistema, especificación de los equipos, pruebas y puesta en marcha del sistema. Opcionalmente la gestión de compras y transporte.

4.1.6 Operación y mantenimiento

A pesar que el sistema solar fotovoltaico no posee partes móviles, tiene un mínimo costo de operación y mantenimiento. Este valor es directamente proporcional al tamaño de la instalación, pues si se tiene una red eléctrica y una serie de medidores instalados en un área grande, el trabajo será mayor.

Un factor importante a tener en cuenta es que se tenga el personal calificado en el sitio, pues de lo contrario el costo se incrementa por los desplazamientos del personal técnico hasta el sitio donde está instalado el sistema.

4.2 Solución con energía eólica

Los equipos que componen una solución de suministro de energía eléctrica mediante energía eólica, son los siguientes:

4.2.1 Aerogenerador

Es el principal componente del sistema. Genera electricidad tipo corriente directa de 12, 24 y 48 Vdc. Su funcionamiento consiste en convertir la velocidad del viento por medio de aspas, en un movimiento giratorio que hace girar el eje del generador

4.2.2 Regulador

La energía fluye desde la fuente de energía, que es el panel solar, hacia las baterías donde se almacena. Una función del regulador es evitar que las baterías, una vez cargadas totalmente, sigan recibiendo energía desde el panel solar, ya que estas pueden sufrir sobrecarga y dañarse o acortar su vida útil. La otra función es evitar que la carga de las baterías disminuya de un valor mínimo establecido por el fabricante. Se debe especificar indicando el voltaje y la corriente de entrada (provenientes del panel solar) y el voltaje y la corriente de salida (que van hacia las baterías).

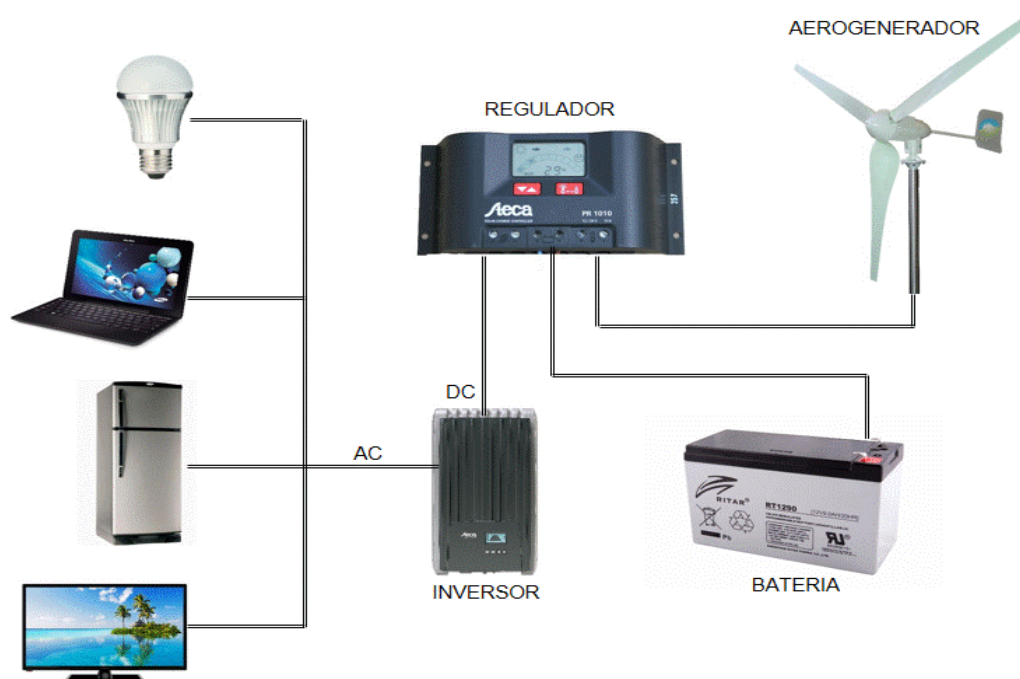


Figura 8. Sistema eólico autónomo
Fuente: Propia

4.2.3 Baterías

Debido a que la energía producida por el generador eólico es proporcional a la velocidad del viento, es necesario almacenar energía eléctrica para consumir en las horas de poca velocidad de viento. Para esto es necesario el uso de baterías o acumuladores de energía. La energía fluye

desde las baterías hacia los equipos (bombillos, tv, pc, etc.). Sus parámetros principales son el tipo, el voltaje de alimentación en voltios (V) y la capacidad de almacenamiento en amperios/hora (A/h)

4.2.4 Inversor

El aerogenerador genera electricidad de corriente directa (DC) el mismo tipo de corriente de las baterías. Pero este tipo de corriente difiere de la que tenemos en nuestros hogares conectados a una red pública, que es corriente alterna (AC). La mayoría de equipos electrodomésticos se han diseñado para 110Vac, por lo que se hace necesario pasar la corriente DC generada en el aerogenerador y guardada en las baterías, a corriente AC. Esa es la función del inversor.

Debido al auge de sistemas alimentados con energía eléctrica DC, se consiguen cada vez mas equipos alimentados por corriente directa, a 12 Vdc, 24 Vdc & 48Vdc. En caso que todas las cargas se puedan alimentar con corriente DC, no se requeriría el inversor.

4.2.5 Otros

Adicionalmente a los elementos anteriormente mencionados se requieren cables para interconectar los elementos mostrados en la figura 8, puesta a tierra del sistema, estructuras de soporte para el aerogenerador, un espacio bajo techo adecuado para montar los equipos.

Aunque en la web existen programas gratuitos para dimensionar el sistema eólico, se requiere incluir el costo de horas hombre ingeniero para el dimensionamiento del sistema, especificación de los equipos, pruebas y puesta en marcha del sistema. Opcionalmente la gestión de compras y transporte.

En la tabla 6 se muestran los precios de los elementos básicos para soluciones de suministro de energía eléctrica en zonas aisladas, basados en generación por energía solar fotovoltaica y energía eólica.

Tabla 6. Precios elementos básicos 2015

	Precio 2015 \$
Panel Monocristalino 250 W	1,380,168
Regulador Mornigstar 20amp 12volt ref SS20L	380,000
Inversor Prowatt 1000W 12V	1,350,000
Baterias 205 Amp AGM	890,000
Aerogenerador TGWT-1000	3,849,000

Fuente: PIEC 2016 p.38

5. Identificación y formulación de proyectos con energías alternativas

Los planes, programas y fondos fueron creados por el gobierno nacional para mejorar el ICEE, que para el año 2015 a nivel nacional fue de 96,96%, en la desagregación urbana y rural la cobertura alcanzó el de 99,72% y 87,83%, respectivamente; para un déficit de 425.212 viviendas sin servicio de energía eléctrica como se indica en UPME PIEC, 2016, p27. La evolución de la cobertura se muestra en la figura 9.

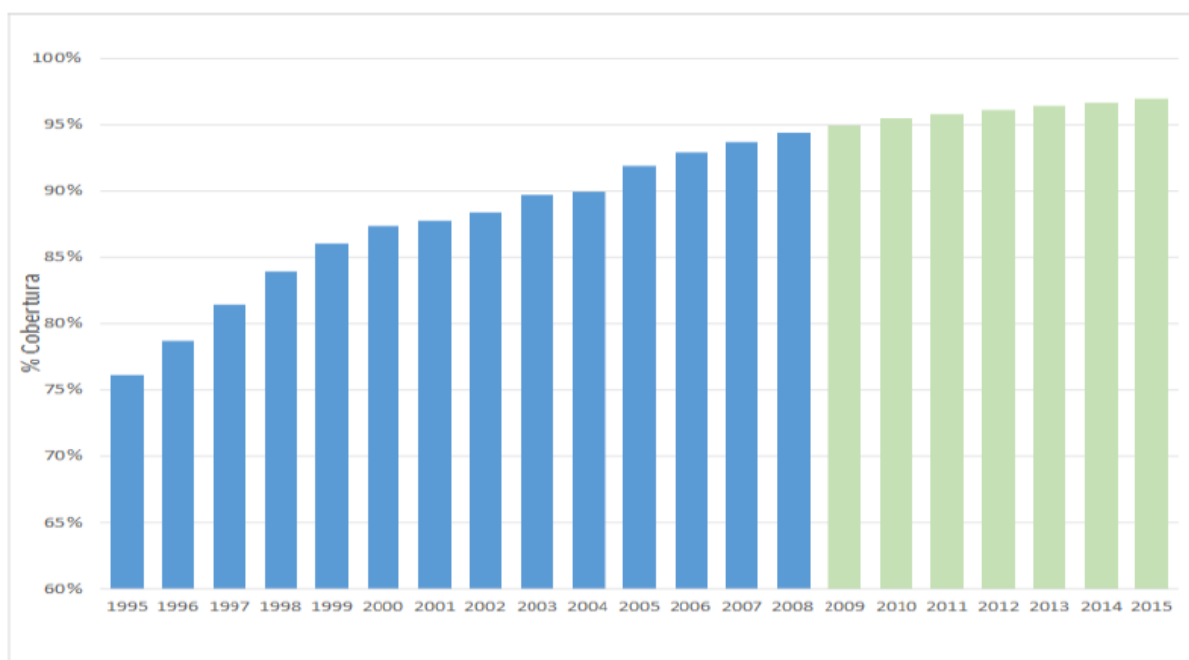


Figura 9. Índice de cobertura de Energía Eléctrica 2015

Fuente: UPME PIEC, 2016, p.28

El IPSE de acuerdo con su Informe de Gestión 2016, invirtió más de 12 mil millones de pesos en estructuración de proyectos de inversión en ZNI (p. 13).

El aspecto clave para que un proyecto sea aprobado es hacer una buena formulación. Esta inicia identificando las características de la población, así como el problema que se quiere resolver. A continuación se describe de manera general las etapas en la formulación de acuerdo con el procedimiento descrito en la MGA.

5.1 Características de las ZNI

Según IPSE (2014) las ZNI tienen las siguientes características:

- Necesidades Básicas Insatisfechas > 77%
- Zonas dispersas (Baja Densidad Poblacional)
- Bajo nivel de consumo promedio.
- Baja capacidad de pago.
- Bajo nivel de recaudo.
- Altos costos de prestación de servicio de energía eléctrica.
- Alto nivel de pérdidas.
- Bajo nivel de micro medición
- Zonas de frontera y áreas de consolidación
- Zonas costeras e insulares
- Áreas biodiversas y territorios colectivos de comunidades étnicas nacionales

Las ZNI cubren los 32 departamentos, con prioridad de 17 que tienen zonas rurales. Incluye 90 Municipios, 20 Territorios Especiales Biodiversos y Fronterizos, 1.448 localidades ZNI, 39 Cabeceras Municipales, 5 capitales departamentales (IPSE, 2014, p.7).

El gobierno nacional, a través del MME, maneja cifras de acceso a electricidad, como lo refleja el PIEC de energía eléctrica 2016-2020 “Por su parte, a nivel nacional a 2015

aproximadamente 425.000 viviendas no tienen acceso a la electricidad, por lo cual el actual gobierno en el Plan Nacional de Desarrollo se ha propuesto cubrir 173.000 nuevas viviendas para el resto de este periodo” (UPME PIEC, 2016, p5).

Los PERS juegan un papel importante en la planeación de la cobertura, ya que se articula con el modelo PIEC al brindar información socioeconómica, de los sitios que no cuentan con el servicio de energía, de su ubicación geográfica y con la identificación de proyectos integrales que son una oportunidad de solución al desarrollo social y económico de la región (UPME PIEC, 2016, p 5).

5.2 Formulación de proyectos

Aunque los proyectos de inversión varían en tamaño y complejidad, todos pueden configurarse dentro de una estructura genérica compuesta según la MGA por las fases de: Preinversión, Inversión, Operación y Evaluación expost, como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Etapas de proyectos de inversión

Fuente: DNP, 2013, p. 13

Como parte de la primera fase de Preinversión, se encuentra la formulación del proyecto, que comprende la identificación y la preparación.

Es importante que se tenga claridad que aunque la población objetivo tiene características similares, la metodología debe ser ajustada a las realidades y características propias de cada zona donde se implementará, como niveles de radiación, velocidad del viento, caracterización de la demanda, capacidad de pago de los beneficiarios, horas de prestación del servicio, entre otras.

5.2.1 Identificación

El primer paso para el desarrollo de un proyecto de suministro comunitario de energía renovable es organizar el grupo de habitantes de la comunidad. La participación comunitaria adopta diferentes formas en los diversos lugares, dependiendo de contexto, conocimiento, interés y recursos disponibles. Es importante celebrar reuniones con la comunidad desde un principio y permitir que todos los miembros hagan sugerencias o preguntas.

Tomando como base la Metodología General Ajustada, dentro de la etapa de Formulación se encuentra el proceso de Identificación, el cual comienza con el análisis de la situación actual o la definición del problema o necesidad junto con sus causas y efectos. Este ejercicio se desarrolla bajo la metodología de los árboles, por lo que el árbol del problema se encuentra estructurado por el problema central, las causas y los efectos, como se indica en la figura 11. Se toma como problema o necesidad la falta de acceso a energía eléctrica en zona aislada.

La situación esperada se construye a partir del árbol del problema, pues una vez conocida la problemática, se logra visualizar lo que se espera alcanzar. Bajo la metodología de los árboles, el árbol de objetivos se construye convirtiendo en positivo el árbol del problema, por lo que el árbol objetivo está estructurado con el objetivo central, los medios (objetivos específicos) y los fines (metas), como se muestra en la figura 12.

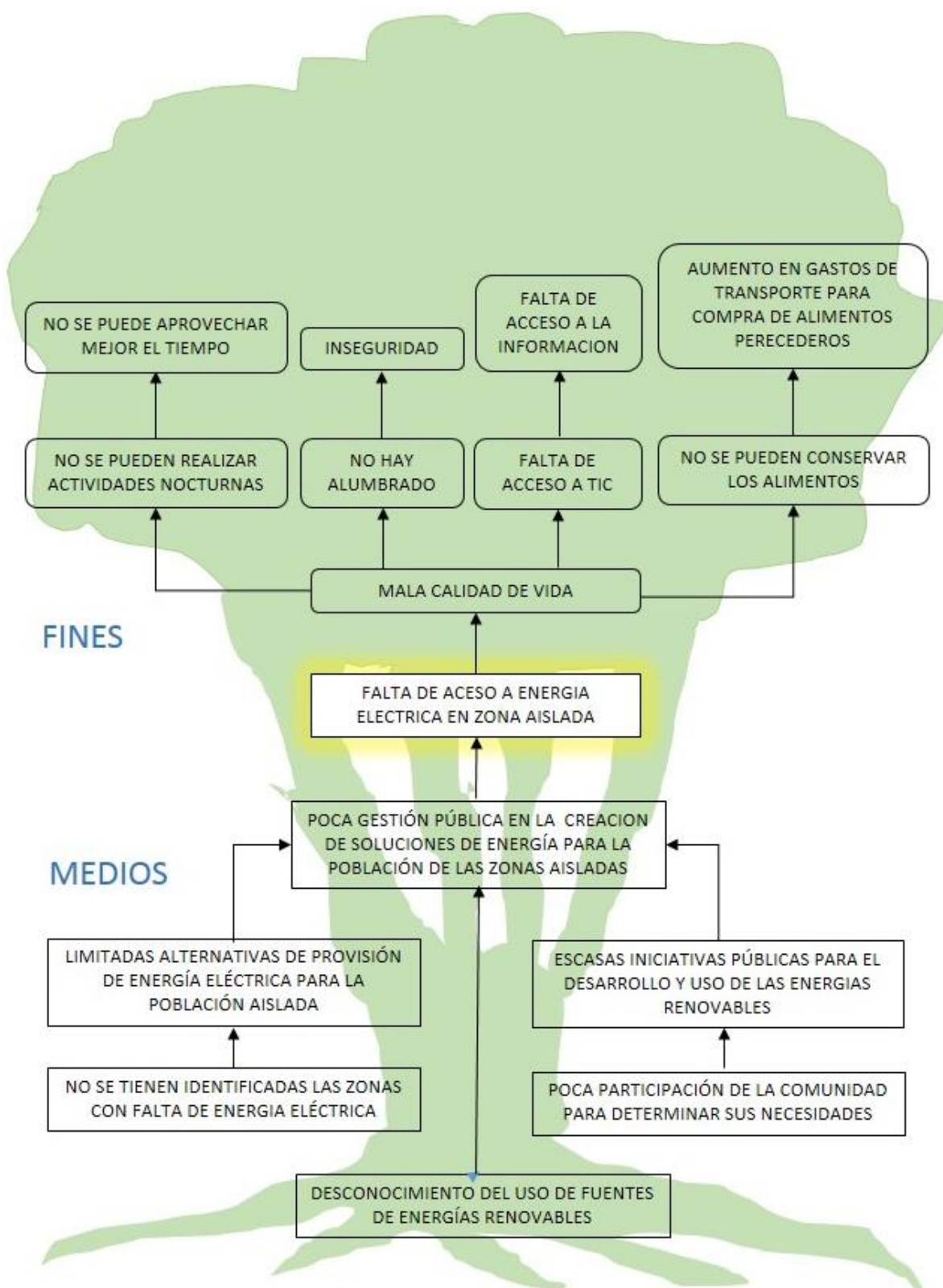


Figura 11. Árbol de problemas
Fuente: DNP, 2016, p. 10

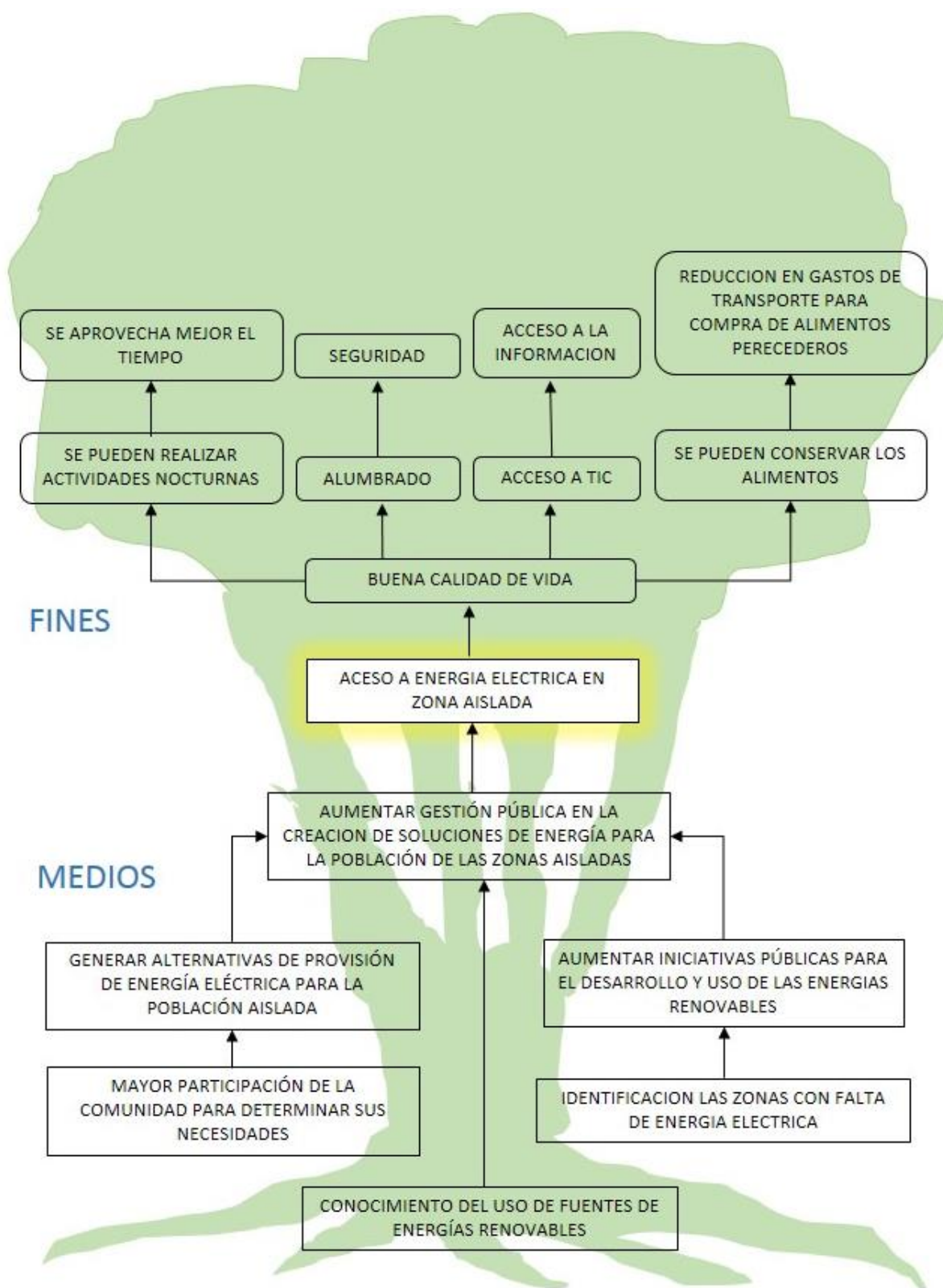


Figura 12. Árbol de objetivos
Fuente: DNP, 2016, p. 12

Las alternativas o estrategias son los diferentes caminos que se pueden tomar para llegar a cumplir el objetivo propuesto. Para nuestro caso las posibles estrategias de solución al problema de falta de energía en ZNI son la interconexión al SIN, uso de plantas Diesel y uso de las FNCER, como son las energías eólica y solar fotovoltaica, para lo cual se debe acceder a los mapas y atlas de radiación solar, viento y energía eólica en Colombia. Si nuestro grupo de población objetivo se ubica en zonas aisladas, significa que la alternativa de interconexión al SIN es costosa. La alternativa de plantas diésel resulta también costosa, pues los centros de suministro de combustible son lejanos, por lo que se conduce a la solución con energía eólica y solar fotovoltaica. La evaluación se basa en el costo unitario que tendría cada solución, mediante la fórmula usada en PIEC, 2016, p.38:

$$CU = \frac{CAE(Inversión) + AOM}{Demanda Anual}$$

CU: Costo Unitario de la solución (\$/kWh)

CAE: Costo Anual Equivalente (\$)

AOM: Administración, Operación y Mantenimiento (\$)

Demanda Anual: Energía consumida en un año

Para todos los proyectos de energía eléctrica, los fondos siempre piden la comparación de las tres alternativas para llevar electricidad a un sitio, extender las redes del SIN más cercanas, instalar una planta de generación diésel y hacer uso de energías alternativas solar FV o eólica.

5.2.2 Preparación de alternativas

Consiste en reunir y organizar toda la información posible de cada una de ellas a través de la elaboración de estudios que brindan información ya sea a nivel de perfil, prefactibilidad y/o factibilidad. Esta información al ser comparadas entre sí, permite tener mayor certeza a la hora de

decidir sobre el camino más adecuado para alcanzar el objetivo general planteado en la primera parte de la formulación. Para la preparación de las alternativas existen varios estudios específicos que deben tenerse en cuenta, entre otros:

- El estudio legal busca determinar la viabilidad de las alternativas de solución propuestas a la luz de las normas que lo rigen, en cuanto a usos de suelo, patentes y legislación laboral entre otras.
- El estudio de mercado pretende identificar la demanda y la oferta de bienes o servicios necesarios actualmente para solucionar el problema en la población objetivo.
- El estudio técnico busca optimizar la utilización de los recursos disponibles. Se podrá obtener la información de las necesidades de capital, maquinaria y equipo, mano de obra, materiales, insumos, tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto. Definir la capacidad tanto física como de beneficiarios que se va a soportar a la hora de poner en operación de los bienes o servicios producidos.
- El estudio ambiental busca determinar el impacto que va a tener cada alternativa sobre el medio ambiente. Con este estudio se busca, prevenir, mitigar y/o compensar el impacto ambiental que pueda tener la alternativa. Para ello se debe cuantificar y valorar el impacto, así como las acciones tendientes a corregirlo, prevenirlo, mitigarlo y/o compensarlo.
- El estudio de riesgos tiene como objeto identificar, prevenir y mitigar los riesgos que pueden afectar el diseño y el desarrollo de un proyecto de inversión o que puede generar en su entorno, desde el punto de vista ambiental, económico, social y cultural.
- El estudio financiero tiene como objeto ordenar la información de carácter monetario, para definir la estructura financiera óptima, además de establecer la información sobre ingresos de operación y costos de ejecución, operación y mantenimiento.

5.2.3 Evaluación Ex ante

Es el análisis de las alternativas de solución propuestas, para decidir la mejor solución o proyecto. Los puntos de vista y criterios de análisis son:

- Evaluación financiera: Identifica, desde el punto de vista de un inversionista, los ingresos y egresos atribuibles a la realización de la alternativa y en consecuencia su rentabilidad.
- Evaluación económica: Tiene la perspectiva de la sociedad o la nación como un todo e indaga el aporte que hace la alternativa al bienestar socioeconómico, sin tener en cuenta su efecto sobre la distribución de ingresos.
- Evaluación social: Igual que la económica, analiza el aporte neto de la alternativa al bienestar socioeconómico, pero además, pondera los impactos de la alternativa que modifican la distribución de la riqueza

5.2.4 Herramientas de ayuda para formulación de proyectos

El CONPES en su documento 3856 “Estrategia de Estandarización de Proyectos 2016-2018” establece los lineamientos para estandarización de proyectos, buscando:

- Formular y estructurar proyectos de una manera más rápida y eficiente, reducir riesgos asociados a la planeación y ejecución, y ahorrar costos y tiempos en estudios y diseños.
- Unificar estándares mínimos de prestación de servicio, dotación y calidad en todo el territorio nacional, en el marco de una política incluyente que permita a los habitantes de todas las regiones del país acceder a bienes públicos en igualdad de condiciones.
- Ejecutar mejores obras de infraestructura con procesos de contratación más transparentes.

En tal sentido, el DNP publicó el proyecto tipo No. 21 Instalación de Sistema Solares Fotovoltaicos Individuales en ZNI, que será de gran ayuda para cualquier ET que quiera llevar a cabo un proyecto de esa índole.

El MME (2011) publicó la Guía para la formulación y presentación de proyectos fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y programa PRONE. En la figura 13 se muestran los pasos para desarrollar un proyecto. Adicionalmente el IPSE publicó en un documento similar para la Formulación y Presentación de Proyectos en ZNI. En estas guías se describe paso a paso, los requisitos que se deben cumplir, para cada fondo o programa



Figura 13. Pasos para desarrollar un proyecto

Fuente: MME 2011 Guía para la formulación y presentación de proyectos, p.5

El DNP-SGR publicó la Metodología General para la Formulación de Proyectos de Inversión Pública – MGA. Adicionalmente tiene una plataforma en internet para capacitación sobre la metodología MGA. En la página web se dispone de las guías, instructivos y formatos. Los proyectos de inversión serán presentados por las entidades territoriales al respectivo órgano colegiado de administración y decisión. Los proyectos de FNCER se implementan en el sector de Minas y Energía

6. Financiación de proyectos en Colombia

Como se ha venido planteando, las comunidades objetivo, carecen del recurso para financiar este tipo de proyectos, por lo que se debe acudir a los recursos de una ONG a través de

alguna entidad estatal. En el artículo 2° de la Ley 80 de 1993 se define entidad estatal como “...y las demás personas jurídicas en las que exista dicha participación mayoritaria, cualquiera sea la denominación que ellas adopten, en todos los órdenes y niveles”. Es decir una entidad estatal puede ser un grupo de personas, con necesidades comunes, que se reúnen para llevar a cabo un proyecto, por ejemplo de generación de energía.

De los fondos creados por el gobierno, para financiar proyectos que permitan tener un ICEE cercano al 100% en nuestro territorio. Unos fueron creados para financiar proyectos de interconexión al sistema SIN como el FAER y otros fondos para financiar proyectos para las ZNI, como FAZNI (IPSE), el SGR y el FENOGE.

Tabla 7. Asignación de recursos de los fondos FAER FAZNI 2013-2015

Valor Asignado Para la Ampliación de la Cobertura (Valores Constantes 2015)								
COBERTURA	2013		2014		2015		Total	
	Monto	Beneficiados	Monto	Beneficiados	Monto	Beneficiados	Monto	Beneficiados
FAER	\$ 116.151	15.755	\$ 139.019	14.136	\$ 137.458	12.015	\$ 392.628	41.906
FAZNI	\$ 26.508	2.327	\$ 52.013	5.968	\$ 50.201	2.935	\$ 128.722	11.230
TOTAL	\$ 142.659	18.082	\$ 191.032	20.104	\$ 187.659	14.950	\$ 521.350	53.136

Fuente: UPME PIEC, 2016, p.21

En la Tabla 7 se puede apreciar que el dinero invertido en las zonas no interconectadas, ha ido aumentando desde el 2013, así como el número de beneficiados. Se debe aclarar que el FAER usa la mayor parte de sus recursos a electrificación rural, mientras que el FAZNI enfoca más sus esfuerzos a proyectos de energías alternativas. Dentro de la información manejada por estos fondos, se tiene la información de las partidas aportadas a cada departamento, para el mismo periodo 2013 a 2015, encabezando la lista el “Caquetá con un total de \$ 63.509 millones (valores constantes a 2015) beneficiando a 5.917 usuarios con un costo promedio de \$ 10.733.460; así mismo, el departamento con el costo por usuario más elevado fue Guaviare con \$ 22.004.978 y el

departamento con el menor costo por usuario fue el Meta con \$ 3.428.216 (UPME PIEC, 2016, p 5). Se pueden encontrar más datos acerca del PIEC 2016-2020 en la página del SIEL.

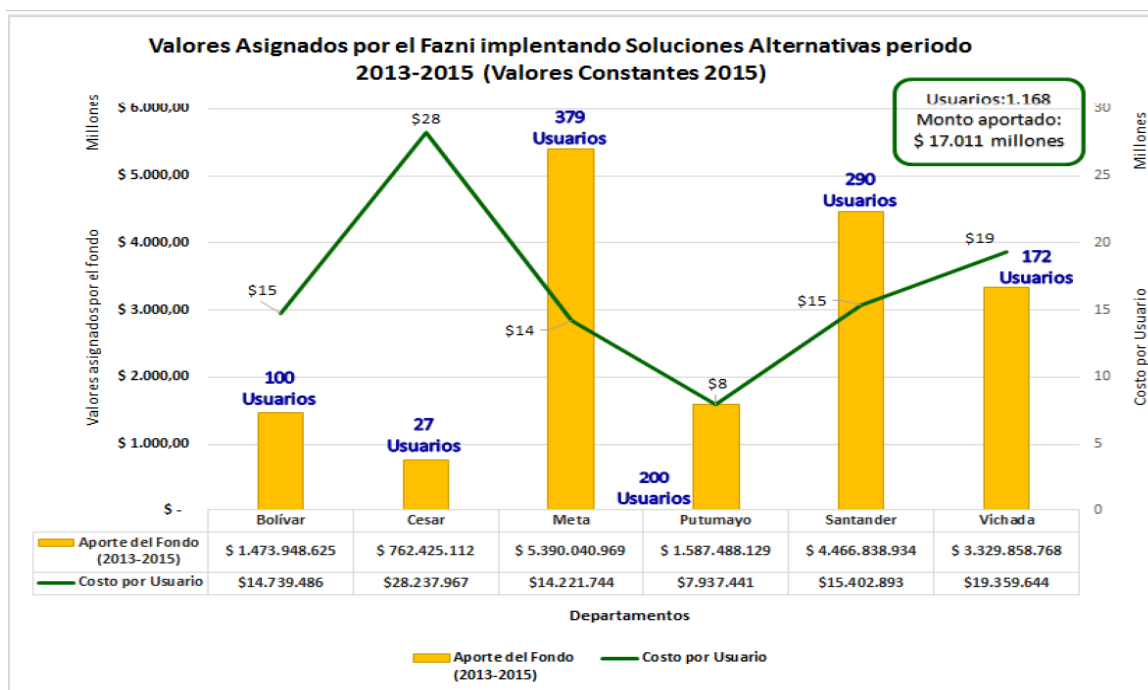


Figura 14. Valores asignados por FAZNI a Fuentes Alternativas de Energía
Fuente: UPME PIEC, 2016, p 23

Como se muestra en la figura 14, el departamento que más invirtió en proyectos con fuentes alternativas de energía, fue el Meta con un valor de \$ 5.390 millones, beneficiando a 379 usuarios con un costo por usuario de \$14.221.744. La asignación de cada uno de los departamentos que aporta a la cobertura con fuentes alternativas de energía, puede ser observada en la gráfica anterior.

Para lograr la universalización del servicio de energía es necesario aproximadamente \$5,03 Billones de pesos, de los cuales el 32% corresponde a interconexión al SIN, el 68% para soluciones aisladas, de las cuales el 60% para energías renovables y 8% soluciones con diésel.

En la figura 15 se muestran las viviendas sin servicio de energía eléctrica al 2015 y los montos de inversión 2016-2020 usando las tres formas posibles de suministro de energía

eléctrica, que son interconexión SIN, uso de energía renovable y generación con plantas Diésel. Vale la pena destacar el gran monto de inversión en energías renovables, de más de tres billones de pesos (60% de la inversión), que implicaría muchos proyectos con energía solar fotovoltaica y eólica.

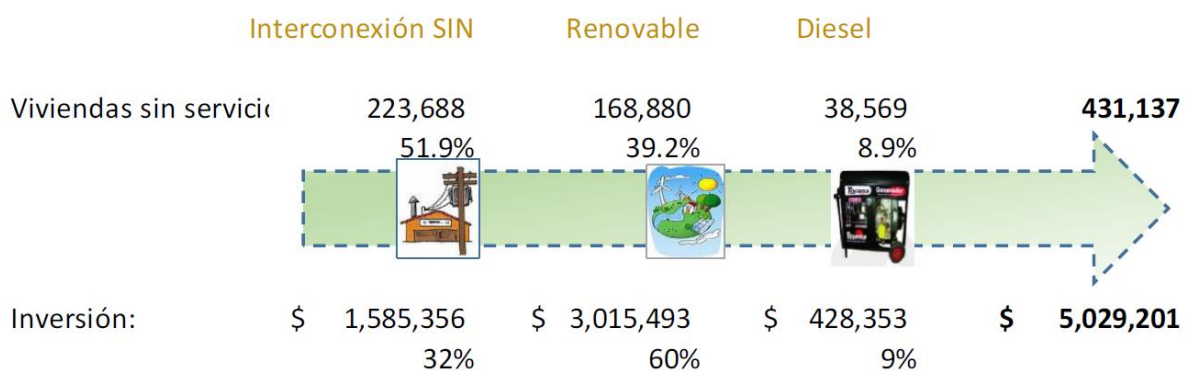


Figura 15. Resultados generales PIEC 2016-2020 (Inversión en millones de pesos)
Fuente: PIEC 2016, p.40

Conclusiones y Recomendaciones

La presión de las organizaciones ambientales, la comunidad científica y los cambios climáticos que se vienen presentando, han hecho que los países industrializados se reúnan para fijarse metas con el fin de reducir los daños al ambiente. Adicionalmente presiona a los gobiernos a que diseñen políticas que incentiven el uso de energías alternativas para disminuir los gases de efecto invernadero, producido por la quema de combustibles fósiles.

Nuestro país, siguiendo las tendencias globales hacia el uso de energías renovables, ha creado políticas para impulsar el uso de energías alternativas, teniendo en cuenta que nuestra matriz energética tiene predominio de combustibles fósiles con un 93%, de los cuales el 45% es usado para transporte. Para generación de electricidad el uso de combustibles fósiles sólo llega al 29,1%, el cual podría ser desplazado por la energía eólica y solar, a mediano plazo, teniendo en cuenta nuestras decrecientes reservas de gas y petróleo.

Los dos tipos de energías que mayor inversión y crecimiento tienen en el mundo son las tecnologías solar y eólica. La disminución de los costos de sus componentes, así como el aumento de la eficiencia energética de los artefactos eléctricos, ayudarán a dar un giro hacia el uso de energías limpias y amigables con el ambiente, que es lo que desea la humanidad, para el futuro. Estas tecnologías son tecnológicamente maduras y económicamente asequibles.

El IEA pronostica para el 2040 que el 60% de la electricidad generada, provenga de energías renovables y la mitad de ese porcentaje, de las energías eólica y solar FV. Se prevé una reducción adicional del 40-70% en el costo medio de la energía solar FV y del 10-25% en el de la energía eólica. También prevé que la intensidad media de emisiones de CO₂ de la generación eléctrica global actual de 515 g CO₂/kWh, descienda a 80 gramos de CO₂ por kWh en 2040.

De acuerdo con los estudios de Huertas y Pinilla, así como los mapas de velocidad del viento, se concluye que el mejor sitio para desarrollar proyectos de parques eólicos es la Guajira, donde se tienen velocidades cercanas a los 9 m/s provenientes de los vientos alisios.

El estado colombiano a través del MME y el IPSE han identificado las zonas aisladas, mediante la recopilación de información de los sitios, ayudados por medio de sistemas de información geográfica, censos de población, fotografía satelital. Es en esos lugares donde la solución de suministro de electricidad ha venido siendo implementada mediante fuentes de energía eólica y solar fotovoltaica. Estos sitios conforman una base de datos que le permite tanto al gobierno cuantificar los ICEE y fijarse metas para aproximarse al 100% de cobertura; como a quien quiera realizar un nuevo proyecto, retroalimentarse de las lecciones aprendidas.

El IPSE dada su función de promoción, es el instituto que más ha impulsado proyectos de energía solar FV y eólica en zonas aisladas. Adicionalmente cuenta con el apoyo del CNM que le permite hacer seguimiento a sus proyectos por medio de las estaciones de telemetría y estaciones de medición de potencial energético.

Los proyectos comunitarios además de los beneficios económicos y ambientales que se anotaron en el documento, también traen beneficios sociales al fortalecer los vínculos de amistad, generar oportunidades de participación y desarrollo de capacidades en la comunidad para proyectos futuros de energía renovable; adicionalmente oportunidades laborales en la operación y mantenimiento del sistema.

El gobierno nacional mediante la Ley 1715 da un gran impulso a las políticas de uso de energías renovables no convencionales y eficiencia energética, como parte del compromiso adquirido ante la Agencia Internacional de Energías Renovables. Adicionalmente impulsa su uso mediante incentivos tributarios, arancelarios y contables, tanto para proyectos que se conecten al SIN, como para los de ZNI.

A pesar de los esfuerzos que hace el estado para ampliar el cubrimiento de energía eléctrica a las zonas apartadas, existen unas barreras que impiden que la población de estas regiones acceda a los programas y/o fondos creados para tal fin. Pues para poder formular proyectos siguiendo los lineamientos impuestos por los organismos, se requiere que la población cuente con conocimientos mínimos en gestión de proyectos, así como tener conocimiento en la MGA para los proyectos financiados por el SGR.

Por medio de la articulación de la universidad y la sociedad, que se pueden estructurar proyectos que resuelvan problemas sociales. La UNAD se ha caracterizado por enfocar el conocimiento de sus estudiantes hacia proyectos que aporten a la sociedad. Es por eso que dentro de las líneas de investigación de ECACEN, se encuentra la de Desarrollo Económico Sostenible y Sustentable, en la cual se pueden generar proyectos aplicados de uso de energías alternativas, con la colaboración y recursos del SGR. Ya sea por intermedio de los semilleros de investigación en Energías Alternativas y Desarrollo Rural, o como proyecto de grado dentro de algunos de los programas que ofrece la Universidad.

Desde el punto de vista técnico, las dos alternativas de generación de energía eléctrica a partir de la eólica y fotovoltaica, son soluciones sencillas, de pocos elementos, de tecnologías probadas, con disponibilidad en el mercado, no requieren gran infraestructura, tienen gran flexibilidad en cuanto a crecimiento. Tienen ventaja los paneles solares sobre el aerogenerador, en el tema de mantenimiento, pues los primeros no tienen partes móviles que se puedan deteriorar, pueden ser instalados a nivel de piso debido a que no requieren una gran estructura para su montaje; además, para pequeñas potencias (1kW) existe mayor oferta en el mercado.

Se recomienda a las comunidades acudir a las entidades creadas por el gobierno para planear y promocionar las FNCE, no solo en busca de apoyo financiero sino también para la estructuración de los proyectos de energías alternativas en zonas aisladas del territorio nacional,

ya que estas entidades manejan la información y recursos requeridos, además de proporcionar múltiples herramientas para la formulación de proyectos, como cartillas, proyectos tipo, páginas web, bases de datos y experiencias exitosas que le facilitan a los ciudadanos llevar a buen término sus proyectos.

Se invita a las entidades territoriales que quieran llevar a cabo un proyecto con energía eólica o solar fotovoltaica, que se asesoren de profesionales de ingeniería eléctrica, gestión de proyectos, ya sean particulares o los que disponen los fondos creados para la financiación de estos proyectos, como el IPSE FAZNI, FENOGE, SGR; solo así se puede asegurar que los proyectos sean estructurados siguiendo las directrices establecidas por estos.

Referencias bibliográficas

Banco Interamericano de Desarrollo BID (2016) Departamento de infraestructura y Energía.

Como encender la luz en Haití. Recuperado el 23 de abril de 2017, de:

<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7907/Infraestructura-para-el-desarrollo-Vol-1-No-2-Como-encender-la-luz-en-Haiti.pdf?sequence=1>

Congreso de Colombia (octubre 28 de 1993). *Ley 80 por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Bogotá Diario Oficial.

Congreso de Colombia (julio 11 de 1994). *Ley 142 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá Diario Oficial

Congreso de Colombia (octubre 3 de 2001). *Ley 697 mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones*. Bogotá Diario Oficial.

Congreso de Colombia (diciembre 18 de 2003). *Ley 855 Por la cual se definen las zonas No Interconectadas*. Bogotá Diario Oficial

Congreso de Colombia (noviembre 10 de 2006). *Ley 1099 Por medio de la cual se prorroga la vigencia del artículo 81 de la Ley 633 del 2000 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá Diario Oficial.

Congreso de Colombia (abril 11 de 2008). *Decreto 1124 Por el cual se reglamenta el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas FAZNI*. Bogotá Diario Oficial

Congreso de Colombia (mayo 13 de 2014). *Ley 1715 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Bogotá Diario Oficial.

Congreso de Colombia (agosto 11 de 2015). *Decreto 1623 por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015*. Bogotá Diario Oficial.

Departamento Nacional de Planeación DNP (2013). *Manual de soporte conceptual de Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos* Bogotá D.C.

Recuperado el 20 de agosto de 2017 de:

<http://www.itc.edu.co/archives/investigacion/ManualConceptual.pdf>

Departamento Nacional de Planeación DNP (2016) *Proyecto Tipo 21 Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas*. Bogotá D.C. Recuperado el 20 de agosto de 2017 de:

<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Celdas/ptceldas.pdf>

Empresas Públicas de Medellín EPM (2010) *Jepírachi: una experiencia con la comunidad indígena Wayuu de la alta Guajira colombiana*. Medellín. Recuperado el 23 de abril de 2017, de:

<https://www.epm.com.co/site/documentos/mediosdecomunicacion/publicacionesimpresas/jepirachi/LibroJepirachienespanol.pdf>

International Energy Agency IEA (2011) *Solar Energy Perspectives*. Paris. Recuperado el 23 de abril de 2017, de:

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives_2011.pdf

International Energy Agency IEA (2014) *Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy*. Paris. Recuperado el 30 de abril de 2017, de:

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf

International Energy Agency IEA (2015) *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas*. Paris. Recuperado el 3 de abril de 2017, de https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyVespagnol_epdf.pdf

International Energy Agency IEA (2016) *World Energy Outlook - Resumen Ejecutivo*. Paris. Recuperado el 3 de abril de 2017, de: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016_ExecutiveSummary_Spanishversion.pdf

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas IPSE (2012). *Energía Social para la Prosperidad Electrificación Escuelas Rurales*. Recuperado el 13 de abril de 2017, de: http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-300444_archivo_pdf_ipse.pdf

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas IPSE (2012). *Revista Ecovatios Edición No. 7*. Recuperado el 31 de julio de 2017, de: www.ipse.gov.co/component/docman/doc_download/996-ecovatios-7a-edicion?

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas. IPSE (2014) *Soluciones energéticas para las zonas no interconectadas de Colombia*. Recuperado el 30 de marzo de 2017, de: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e>

Ministerio de Minas y Energía MME (2010). *Resolución 18 - 0919 Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y*

Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto. Bogotá.

Ministerio de Minas y Energía MME (2011). *Guía formulación y presentación de proyectos fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y programa PRONE. Bogotá.*

Ministerio de Minas y Energía MME-PROURE (2010) *Informe Final Plan de Acción 2010-1015. Bogotá*

Organización de las Naciones Unidas ONU (1987) *Informe de la Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Oslo*

Pinilla, A. (2008). *El poder de viento*. Revista de Ingeniería, 28:64-69. Universidad de los Andes

Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE (2016). Recuperado el 13 de marzo de 2017, de:

http://reciee.com/index.cfm?doc=page2&Id_nivel2=101&key_menu2=8478B517-B74E-45AA-8A91-0655542135C7

Red de Políticas de Energías Renovables REN21 (2016) *Energías Renovables 2016 Reporte de la situación mundial, hallazgos clave*. Paris. Recuperado el 11 de marzo de 2017, de:

http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_sp_05.pdf

Renewable Energy Policy Network REN21 (2016) *Global Status Report*. Paris. Recuperado el 11 de marzo de 2017, de: [http://www.ren21.net/wp-](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf)

[content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética UPME IDEAM (2004). *Atlas de radiación solar en Colombia*. Bogotá

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá, La Imprenta Editores. Recuperado el 30 de

marzo de 2017, de:

http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2016) *Plan Indicativo de Expansión de*

Cobertura PIEC 2016-2020. Recuperado el 30 de marzo de 2017 de

http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/PIEC_2016-2020_PublicarDic202016.pdf