



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Evaluación prototípica de como la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no interconectadas

Ángela María Osorio Orozco

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Departamento de Ciencias de la computación y la decisión

Medellín, Colombia

2016

Evaluación prototípica de como la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no interconectadas

Ángela María Osorio Orozco

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería - Sistemas Energéticos

Director (a):

PhD. Isaac Dyner Rezonzew

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Departamento de Ciencias de la computación y la decisión

Medellín, Colombia

2016

Resumen

Determinemos importancia, la energía se ha convertido en nuestro líquido vital, todo a nuestro alrededor depende de ella, nuestras comunicaciones, la producción de nuestros alimentos, el desarrollo de nuestros hijos y de nuestras sociedades.

El tener un 54 % de la población, aislada de este suministro eléctrico, genera un atraso en el desarrollo de dicha población y del país en general. Es de vital importancia desarrollar proyectos que permitan la vinculación efectiva de estas poblaciones a un mundo en donde el suministro eléctrico es un servicio fundamental para el desarrollo de todas las actividades diarias.

No debemos olvidar también que, así como es necesario el acceso a este suministro eléctrico, también se debe considerar el respeto a la madre naturaleza y a los diversos ecosistemas, ya que siempre existirá una correlación directa entre nuestro planeta y nuestras formas de aprovechar los recursos en él, una de ellas es la generación de energía vs el nivel de desarrollo.

Muchos son los estudios realizados en torno a la generación en ZNI de nuestro país, pero en este trabajo de profundización realizado desde las herramientas de la dinámica de sistemas, se pretende comprender la relación entre el desarrollo socioeconómico de poblaciones de ZNI y su generación eléctrica, buscando establecer las relaciones directas que tiene la última con el bienestar de las personas pertenecientes a estas comunidades.

Palabras clave

Energía Eléctrica: La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).

El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así, la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible. (twenergy, 2016).

Zonas no interconectadas: Las zonas no interconectadas (ZNI) son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (artículo 1 de la Ley 855 de 2003). Por ejemplo, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Leticia en el Amazonas, Capurganá en el Chocó, Puerto Carreño en el Vichada y Mitú en el Vaupés.

Las empresas prestadoras del servicio público de energía eléctrica localizadas en las ZNI pueden desarrollar, en forma integrada, las actividades de generación, distribución y comercialización (artículo 74 de la Ley 143 de 1994).

La metodología tarifaria aplicable a estas zonas está en la Resolución CREG-091 de 2007, excepto para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. En dicha resolución se establecen las fórmulas para determinar los costos de las actividades de generación, distribución y comercialización de energía.

En las ZNI la prestación del servicio se hace principalmente mediante plantas de generación diésel, paneles solares y pequeñas centrales hidroeléctricas. (CREC, 2016).

Generación: Las centrales de generación son instalaciones capaces de obtener energía final, la electricidad, a partir de diferentes tipos de fuentes de energía primaria. Tradicionalmente, este tipo de centrales generan la electricidad a partir de energías no renovables, como el carbón, el gasóleo o el gas natural. Con el avance de las tecnologías y la aparición de una mayor preocupación por el desarrollo sostenible, surgieron otro tipo de centrales de generación basadas en energías renovables.

Los tipos de centrales están directamente relacionados con la energía primaria que utilizan para generar la electricidad. Así, podemos distinguir entre centrales de ciclo combinado, que emplean gas natural o los parques eólicos, que aprovechan el viento para generar electricidad. Estos son sólo dos ejemplos, pero los tipos son tan abundantes como tipos de energía primaria existen: carbón, gas natural, gasóleo, radiación solar, viento, mareas, biomasa, etc. (twenergy, 2016).

Distribución: Transporte de la energía por las redes hasta el consumidor final, quien la recibe de acuerdo con las características requeridas para usos industriales, comerciales o residenciales (EPM, 2016).

Comercialización: Venta de energía, labor que está orientada al cliente final y al mercado mayorista como se describe a continuación: El Mercado de Energía Mayorista (MEM) en Colombia está clasificado en: mercado no regulado (MNR) al que pertenecen todos los clientes cuyo consumo mensual sea igual o superior a 55.000 kWh o que demanden una potencia promedio igual o superior a 0,1 MW, que en su gran mayoría son grandes y medianos industriales y una parte del comercio; y mercado regulado (MR) al cual pertenecen todos los demás clientes. En cualquier caso, los clientes deben ser representados ante el MEM por un agente comercializador. (EPM, 2016).

Abstract

Let us determine importance, energy has become our vital liquid, everything around us depends on it, our communications, the production of our food, the development of our children and our societies. Having 54% of the population, isolated from this electricity supply, generates a delay in the development of this population and the country in general. It is vital to develop projects that allow the effective linkage of these populations to the world where electricity supply is a fundamental service for the development of all daily activities. We must not forget also that, just as access to this electricity supply is necessary, respect must also be given to mother nature and to various ecosystems, since there will always be a direct correlation between our planet and our ways of harnessing resources in The, one of them is the generation of energy vs. the level of development. Many studies have been carried out on ZNI generation in our country, but in this work of deepening done from the tools of the dynamics of systems, we intend to understand the relationship between the socioeconomic development of ZNI populations and their electric generation, Seeking to establish the direct relations that the latter has with the well-being of the people belonging to these communities.

Keywords

Electric Power: Electric energy is a source of renewable energy that is obtained by the movement of electric charges (positive and negative electrons) produced inside conductive materials (for example, metallic cables such as copper). The origin of the electric energy is in the generation plants, determined by the source of energy that is used. Thus, electric power can be obtained from solar, wind, hydroelectric, thermal, nuclear power plants and by biomass or burning nature's compound as fuel. (Twenergy, 2016).

Non-interconnected zones: Non-interconnected zones (ZNI) are municipalities, corregimientos, localities and hamlets not connected to the National Interconnected System (Article 1 of Law 855 of 2003). For example, the Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina, Leticia in the Amazon, Capurganá in the Chocó, Puerto Carreño in the Vichada and Mitú in the Vaupés. The companies providing the public electric energy service located in the ZNI can develop, in an integrated form, the generation, distribution and commercialization activities (article 74 of Law 143 of 1994). The tariff methodology applicable to these areas is in Resolution CREG-091 of 2007, except for the Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina. This resolution establishes the formulas to determine the costs of the activities of generation, distribution and commercialization of energy. In the ZNI, the service is mainly provided by diesel generation plants, solar panels and small hydroelectric plants. (CREC, 2016).

Generation: Generation plants are capable of obtaining final energy, electricity, from different types of primary energy sources. Traditionally, these types of power plants generate electricity from non-renewable energies such as coal, gas oil or natural gas. With the advancement of technologies and the emergence of a greater concern for sustainable development, other types of generation plants based on renewable energies emerged. The types of power plants are

directly related to the primary energy they use to generate electricity. Thus, we can distinguish between combined cycle plants, which use natural gas or wind farms, which use the wind to generate electricity. These are just two examples, but the types are as abundant as primary energy types exist: coal, natural gas, diesel, solar radiation, wind, tides, biomass, etc. (Twenergy, 2016).

Distribution: Transport of energy through the networks to the final consumer, who receives it according to the characteristics required for industrial, commercial or residential uses (EPM, 2016).

Commercialization: Sale of energy, work that is oriented to the final customer and to the wholesale market as described below: The Wholesale Energy Market (MEM) in Colombia is classified in: unregulated market (MNR) Monthly consumption is equal to or higher than 55,000 kWh or that demand an average power equal to or greater than 0.1 MW, which in their great majority are large and medium industrial and a part of the commerce; And regulated market (MR) to which all other customers belong. In any case, customers must be represented before the MEM by a marketing agent. (EPM, 2016).

Tabla de contenido

1.	ANTECEDENTES.....	16
1.1.	Proyectos de generación zonas no interconectadas:	16
1.2.	Realidad de ZNI.....	17
2.	MARCO TEÓRICO	19
2.1.	MARCO CONCEPTUAL	20
2.1.1.	Energización rural.....	20
2.1.3.	Consumo básico de subsistencia	20
2.1.4.	Instituciones: fondos y entidades promotoras de proyectos en zonas no interconectadas.	20
2.1.5.	Ministerio de minas y energía.....	20
2.1.6.	Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas –FAZNI	21
2.1.7.	Fondo Nacional de Regalías –FNR	26
2.1.8.	Fuentes de generación.....	27
2.2.	MARCO LEGAL.....	31
2.2.1.	Zonas no interconectadas.....	31
2.2.2.	Servicios públicos domiciliarios.	31
3.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	36
4.	OBJETIVOS.....	40
4.1.	OBJETIVO GENERAL	40

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
5. METODOLOGÍA A UTILIZAR	41
6. VALIDACION DEL MODELO	43
6.1. Análisis del sector (ZNI):.....	43
6.2. Interrelación entre las variables de desarrollo socioeconómico y el abastecimiento de energía.....	44
6.3. Identificación de posibilidades de desarrollo	45
6.4. Evaluar posibles proyectos de desarrollo:.....	49
6.5. Modelo para evaluación de proyectos en las Zonas no Interconectadas.....	51
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	61
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70

Lista de graficas

Grafica 1. Diagrama causal para el análisis de como la energía fomenta el desarrollo. Fuente: Elaboración propia	52
Grafica 2. Diagrama de flujos y niveles para el análisis como la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no-interconectadas. Fuente: Elaboración propia.....	60
Grafica 5. Demanda de energía eléctrica en ZNI 2016-204.....	62
Grafica 7. Capacidad de generación en construcción ZNI 2016-2042.....	63
Grafica 6. Consumo per cápita de energía eléctrica 2016-2042.....	63
Grafica 8. Oferta de energía eléctrica en ZNI 2016-2042.....	64
Grafica 9. Efecto del déficit sobre la inversión en ZNI 2016-2042.	65
Grafica 10. Inversión en capacidad de generación en ZNI 2016-2042.	66
Grafica 11. Déficit de energía eléctrica en ZNI 2016 2042	67
Grafica 12. Efecto del déficit sobre la inversión en capacidad de generación en ZNI 2016-2042.	68
Grafica 13. Efecto déficit sobre el índice de desarrollo Humano ZNI 2016-2042.	69

Lista de Tablas

Tabla 1. Zonas no interconectadas de Colombia. Fuente: IPSE.2016.....	19
Tabla 2. Necesidades básicas, dimensiones y variables censales. (Fuente: CEPAL/PNUD)	55

Lista de símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
ZNI	Zonas no interconectadas
SIN	Sistema interconectado Nacional
Hab/Km ²	Habitantes por kilómetro cuadrado
FAZNI	Fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas
IPSE	Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas
FNR	Fondo Nacional de regalías
IDEAM	Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales
NBI	Índice de necesidades básicas insatisfechas
UPME	Unidad de planeación minero energética
INEA	Instituto colombiano de ciencias nucleares y energías alternativas
PDFNCE	Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia

Introducción

En un mundo globalizado en donde es determinante el acceso a las tecnologías de la información, el desarrollo socioeconómico de las poblaciones esta intrínsecamente ligado con el acceso a estas tecnologías.

Todas estas tecnologías requieren del correcto y propio acceso al suministro de energía eléctrica, esta se hace básica para el acceso a los servicios básicos, tales como educación, salud y comunicación.

El constante suministro de fluido energético, garantiza a las poblaciones beneficiadas con este, el tiempo y espacio suficiente para dedicar sus esfuerzos en desarrollo de actividades productivas.

Actividades productivas diarias, que gracias al suministro constante del fluido eléctrico, pueden ser llevadas a cabo sin mayor impacto ya que se cuenta con un suministro garantizado de energía eléctrica, la cual es el motor de todas nuestras actividades diarias.

Las estadísticas nacionales nos muestran un panorama desalentador, ya que frente al derecho de todo ciudadano colombiano a tener acceso a los servicios básicos, podemos observar que seguimos teniendo un 12 % de áreas no cubiertas y confidencialmente son áreas con un alto grado de conflicto social y un bajo nivel de desarrollo económico y educativo.

El objetivo principal de este trabajo de profundización es identificar y analizar las variables que determinan la interacción entre el desarrollo socioeconómico y el acceso al fluido eléctrico en las poblaciones de las zonas no interconectadas.

El alcance será determinar esta relación, entre interconexión y desarrollo, evaluando como este acceso al fluido eléctrico ha favorecido el desarrollo de poblaciones y como el no acceso al mismo ha dejado a un lado el desarrollo de estas poblaciones no interconectadas.

Se hará uso de herramientas como el modelado por sistemas dinámicos, investigación bibliográfica de registros históricos relacionados con el desarrollo de comunidades una vez han sido incorporadas a la red de interconexión eléctrica, pudiendo determinar así como este cambio ha llevado a un desarrollo de la comunidad en los aspectos sociales, educativos y económicos.

Toda esta información recopilada será tomada como el pilar de partida en la determinación de nuevos proyectos de desarrollo, al demostrar la importancia y los cambios suscitados en las comunidades una vez el suministro eléctrico llega a ellas, podremos entender más claramente que no es solo un producto de primera necesidad sino que además abre las puertas a un nuevo mundo, podemos considerar aspectos tan vitales como salud y educación, sin dejar de lado todas las nuevas variantes que se presentan en un mundo como el actual, variables como comunicación, interacción con el mundo, negocios, relaciones sociales, actualización y acceso a la información en tiempo real, variantes que afectan todas y cada una de las vidas que entran a hacer parte del nuevo mundo interconectado.

A la vez esta investigación nos sirve para poner en claro la relevancia de un papel social y ecológico, ya que el impacto no es solo aguas abajo, hacia los beneficiados, sino también aguas arriba, hacia los puntos de captación, comunidades que deben ser movilizadas, ecosistemas que serán cambiados por completo, la conciencia ecológica debe ser vital y claramente entendida, así que estudios como este además de brindar información, promueven también la creación de una mente crítica y conciencia.

Sabemos también que nuestro país, ha desarrollado sus últimas generaciones alrededor de una problemática de violencia y temor, debemos pensar también que al vincular estas poblaciones alejadas a una red que casi podríamos llamar neuronal, en la cual hacen parte de un gran sistema, llegaríamos a ser más eficientes en la lucha contra esta violencia que nos ha aquejado por años, la comunicación y la información como armas de defensa y de desarrollo, son la mejor alternativa que podemos ofrecer a nuestras nuevas generaciones.

1. ANTECEDENTES

1.1. Proyectos de generación zonas no interconectadas:

Para el año 2013 en el IPSE, existían las siguientes estadísticas de proyectos de generación para ZNI:

- Proyectos radicados: 63.
- Proyectos Evaluados: 63.
- Proyectos calificados con concepto favorable: 37.
- Proyectos en ajustes: 25.
- Aprobados: 37 por valor de \$92.182 millones.
- Viabilizados sin recursos: 1 por valor de \$2.323 millones.
- En evaluación y ajustes: 25 por valor de \$131.031 millones.
- Total: 63 proyectos por valor de \$225.536 millones.

Para el año 2014 en el IPSE, existían las siguientes estadísticas de proyectos de generación para ZNI:

- Proyectos Evaluados: 4.
- Proyectos calificados con concepto favorable: 4.
- Proyectos en ajustes: 24.
- Aprobados: 1 por valor de \$40.000 millones.
- Viabilizados sin recursos: 3 por valor de \$3.680 millones.
- Total: 28 proyectos por valor de \$134.288 millones.

Proyectos con fuentes no convencionales de energía, híbridos o PCH en: Titumate (Chocó) - sistema híbrido solar diésel; Isla Fuerte, Santa Cruz del Islote y Múcura (Bolívar) - sistemas híbridos solar - diésel; Macuira – Flamencos (La Guajira) - sistemas fotovoltaicos; Guacamayas

(Caquetá) - PCH. Suministro e Instalación de infraestructura eléctrica en las Zonas No Interconectadas. Proyectos con Recursos Propios Costo proyectos: \$ 17.630 millones Usuarios: 2.494 Población beneficiada: 12.470 Cobertura: 100%.

1.2. Realidad de ZNI

Colombia energéticamente hablando está dividida en dos tipos de zonas: las Zonas Interconectadas (ZI) y la Zonas No Interconectadas (ZNI); las ZI son aquellas que tienen acceso al servicio de energía eléctrica a través del SIN y las ZNI son aquellas que no tienen acceso al SIN. Las ZNI están ubicadas en lugares de difícil acceso, a grandes distancias de los centros urbanos; carecen de una buena infraestructura física y no cuentan con vías de acceso apropiadas. Son zonas de alta importancia ecológica; se caracterizan por su riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad; encontramos allí la mayor parte de las reservas y parques naturales del país. Los servicios públicos son escasos y deficientes; carecen de servicios básicos como energía, acueducto y alcantarillado, y presentan dificultades para acceder a la educación, la salud, el agua potable y la comunicación.

Las ZNI comprenden alrededor del 58% del área territorio Nacional; incluyen 17 departamentos, 5 capitales departamentales, 37cabeceras municipales y 1.448 localidades (IPSE, 2013). El mayor porcentaje de energización de las ZNI se encuentra en las cabeceras departamentales y municipales, las cuales cuentan generalmente con generadores diésel y, en algunos casos, con pequeñas centrales hidroeléctricas; el 96,3% de la capacidad de generación es a partir de diésel (Acosta, Orozco, & Quintero, 2009). En los lugares donde hay cobertura, el servicio es deficiente y costoso; en general, se paga el doble del promedio del SIN por kWh en las ZNI y se recibe la mitad de horas de servicio; el 99% de las localidades tienen un servicio de menos de 6 horas al día; en promedio se paga 520,38 COP\$/kWh y el costo

alcanza los 842,86 COP\$/kWh en Vaupés , y los 605,86 COP\$/kWh en Chocó1 (Acosta, Orozco, & Quintero, 2009)

2. MARCO TEÓRICO

Para la caracterización de las zonas no interconectadas debemos tener en cuenta los siguientes ítems:

- “En las ZNI viven alrededor de 1’524.304 habitantes, 4% del total nacional, de los cuales el 12,4% reside en las capitales departamentales y cabeceras municipales y el 88% en los centros poblados rurales y en las áreas netamente rurales”.
- Las ZNI tienen una densidad promedio de 2 hab/Km² (33 promedio nacional y 93 promedio SIN). Ocupan alrededor del 66% (756.000 Km²) del territorio nacional. 22 departamentos y 115 municipios tienen centros poblados en las ZNI, allí se localizan 5 capitales departamentales, Leticia, San José del Guaviare, Mitú, Puerto Inírida, Puerto Carreño, 46 cabeceras municipales y más de 913 centros poblados rurales de diferentes categorías. (Sitios, caseríos, inspecciones de policía, corregimientos y poblados indígenas).
- Los centros poblados (rurales, capitales y cabeceras municipales) tienen una población de 527.720 habitantes y las áreas netamente rurales, 996.584 habitantes.” (Castro, 2002-2006)

Tabla 1. Zonas no interconectadas de Colombia. Fuente: IPSE.2016

Zonas No Interconectadas	Número
Centros poblados identificados en las ZNI	964
Departamentos con áreas en las ZNI	22
Municipios con áreas en las ZNI	115
Capitales departamentales en las ZNI	5
Caberas Municipales en las ZNI	46

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Energización rural: Proceso continuo y ordenado de uso del espectro total de portadores energéticos para atender los requerimientos de las actividades domésticas, de transporte, de servicios y productivas, que contribuyan a mejorar las condiciones de vida y la calidad y cantidad de los productos generados en el medio rural, de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible (Best, 1994).

2.1.2. Centro poblado interconectable: Población que es susceptible de interconectarse al Sistema Interconectado Nacional (SIN) en un período de tiempo (5 años).

Índice de cobertura de energía eléctrica: relación entre los usuarios del servicio de energía eléctrica y las viviendas.

2.1.3. Consumo básico de subsistencia: Cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer necesidades básicas que solamente puedan ser satisfechas mediante esta forma de energía final. Para su cálculo sólo podrá tenerse en cuenta los energéticos sustitutos cuando éstos estén disponibles para ser utilizados por estos usuarios.

2.1.4. Instituciones: fondos y entidades promotoras de proyectos en zonas no interconectadas.

2.1.5. Ministerio de minas y energía: el ministerio es una entidad pública cuyo deber es velar por el buen uso y distribución de los recursos no renovables de la nación, específicamente para el control, coordinación y promoción de los proyectos de energía, con miras a la satisfacción total de la demanda energética nacional, existe la Dirección

de Energía Eléctrica, que además debe velar por el uso racional y eficiente tanto de los recursos como de la energía misma, procurando la sostenibilidad ambiental.

2.1.6. Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas –

FAZNI: El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas fue creado en los artículos 81 al 83 de la Ley 633 de 2000 con una vigencia a 31 de diciembre de 2007; posteriormente la Ley 1099 de 2006 prolonga su vigencia hasta 31 de diciembre de 2014 y es reglamentado medio del Decreto Reglamentario 1124 de 2008.

El objetivo del FAZNI es financiar los planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas (ZNI), de acuerdo con la ley y con las políticas de energización que para las zonas no interconectadas ha determinado el Ministerio de Minas y Energía, conforme con los lineamientos de política establecidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social en documentos tales como los Documentos Conpes 3108 de 2001 y 3453 de 2006, 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.

Los planes, programas y proyectos que serán elegibles para asignación de fondos del FAZNI se podrán presentar por medio de los siguientes mecanismos:

- A. Como resultado de las invitaciones publicas diseñadas por el Ministerio de Minas y Energía para proyectos de inversión en infraestructura en las Zonas No Interconectadas.
- B. Como resultado de las invitaciones publicas diseñadas por el Ministerio de Minas y Energía para la implementación parcial o total de la infraestructura requerida por

medio de los esquemas sostenibles de gestión para la prestación del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas de que habla el artículo 65 de la ley 1151 de 2007.

- C. Por iniciativa de las Entidades Territoriales, del IPSE, o de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica ya sean estas pertenecientes al Sistema Interconectado Nacional - SIN -, o a las Zonas No Interconectadas - ZNI -. En caso de que los proyectos hagan parte de los esquemas descritos en los numerales 1 y 2, los mismos no podrán ser presentados mediante el mecanismo descrito en este numeral.

Objetivos

- Evaluar técnica y financieramente proyectos energéticos en el sector rural.
- Investigar y promover soluciones energéticas basadas en tecnologías convencionales y no convencionales.
- Investigar y promover soluciones energéticas basadas en tecnologías convencionales y no convencionales.
- Estructurar y promover proyectos energéticos sostenibles con el fin de contribuir al acceso de la población de las Zonas No Interconectadas al servicio de energía eléctrica.
- Mejorar la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas.
- Realizar el seguimiento y monitoreo para asegurar la continuidad y calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica realizada mediante los activos del IPSE.
- Mejorar la satisfacción de las partes interesadas (clientes, proveedores, contratistas, comunidades, funcionarios y organismos de control) del IPSE.

- Mejorar la eficacia, eficiencia y efectividad de los procesos, minimizando y mitigando los impactos ambientales, sociales y previniendo y controlando los riesgos de seguridad y salud ocupacional.

Funciones:

- Ejecutar los lineamientos y las políticas del Ministerio de Minas y Energía, a través de los planes, programas y proyectos de infraestructura energética, tendientes a incentivar los procesos productivos y a elevar la calidad de vida de las poblaciones de su jurisdicción, de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible.
- Adelantar investigaciones, estudios y análisis que permitan realizar un diagnóstico de las necesidades energéticas de las regiones que constituyen las zonas no interconectadas en el país. El diagnóstico incluye los siguientes aspectos:
 - Estudiar la situación económica regional, incluyendo análisis de los recursos naturales y de la situación agropecuaria y agroindustrial.
 - Evaluar técnica, energética y ambientalmente los métodos locales de producción económica y su potencial de aprovechamiento energético coherente con los planes regionales.
 - Realizar un estudio de demanda y necesidades de energía.
 - Evaluar los recursos energéticos disponibles en la zona, así como las opciones tecnológicas más convenientes para la energización de la región.
 - Evaluar la capacidad de pago de los posibles usuarios.
 - Analizar las formas organizativas y experiencias de participación comunitaria para vincularlas a la gestión energética de la zona.

- Coordinar conjuntamente con el Ministerio de Minas y Energía y demás entidades del Estado encargadas de ejecutar obras y proyectos de desarrollo territorial, la ejecución de los proyectos identificados por el Instituto y/o por las comunidades y autoridades territoriales, de acuerdo a las políticas y prioridades establecidas por el Gobierno Nacional.
- Elaborar conjuntamente con el Ministerio de Minas y Energía y los entes territoriales, los planes, programas y proyectos de la infraestructura energética para las zonas no interconectadas.
- Adelantar los estudios necesarios que definan las características técnicas y económicas de una solución energética integral que satisfaga las necesidades de la zona de forma económica, eficiente y auto sostenible.
- Adelantar estudios sobre la viabilidad técnica y financiera de los proyectos a ejecutar.
- Adelantar estudios de análisis de proyectos de inversión con el fin de determinar el esquema más conveniente de ejecución de los proyectos, la gestión de diversas fuentes de financiación, el fomento de la participación del sector privado en la ejecución y administración de los proyectos y los mecanismos de organización y participación de la comunidad en la ejecución, operación y mantenimiento de la infraestructura energética, que garanticen la prestación del servicio de energía de manera eficiente y auto sostenible.
- Adelantar, en desarrollo de convenios con los entes territoriales, la ejecución y supervisión de las obras que requiera la infraestructura energética de su competencia.
- Celebrar todo tipo de negocios, contratos y convenios que se requieran para el cumplimiento de su objetivo.

- Asesorar y prestar apoyo técnico a las organizaciones o entidades comunitarias encargadas de la administración, operación y mantenimiento de la infraestructura energética, cuando ellas lo soliciten.
- Prestar asesoría, conjuntamente con organizaciones internacionales, en materia de mecanismos y esquemas de participación comunitaria para la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura energética.
- Presentar al Ministerio de Minas y Energía el presupuesto de los recursos que se requieran para otorgar los subsidios de ley para las zonas no interconectadas.
- Realizar transacciones internacionales de energía con interconexiones de países vecinos para las Zonas no Interconectadas, ZNI, como parte de la promoción de las soluciones energéticas de una región, cuando esta sea la única solución energética factible y no sea viable o conveniente conectar al Sistema Interconectado Nacional, SIN, siempre y cuando no implique atención a usuarios finales.
- Las demás que se le asignen y correspondan a la naturaleza de sus funciones (IPSE, 2016)

2.1.7. Fondo Nacional de Regalías –FNR: Mediante el Decreto 4355 de 2005 se crea el Consejo Asesor de Regalías como una instancia de apoyo y asesoría al Departamento Nacional de Planeación en la determinación de las pautas y requisitos que deben ser cumplidos por las entidades territoriales, tendientes a la adecuada utilización de los recursos del Fondo Nacional de Regalías y de reasignación de regalías y compensaciones pactadas a favor de los departamentos y municipios - Escalonamiento, ajustados a los planes de desarrollo territoriales, como al Plan Nacional de Desarrollo.

Con el Decreto 416 de 2007 "por el cual se reglamentan parcialmente la Ley 141 de 1994, la Ley 756 de 2002 y la Ley 781 de 2002 y se dictan otras disposiciones", se establecen los requisitos y trámites que se debe surtir para los proyectos de inversión que sean presentados con solicitud de recursos del Fondo Nacional de Regalías y de regalías y compensaciones pactadas a favor de los departamentos y municipios – Escalonamiento.

En el Acuerdo 007 de 2006 se establecen los requisitos y trámites de viabilidad para los proyectos de inversión en infraestructura de distribución para la prestación del servicio público de gas combustible en los estratos 1 y 2.

En el Acuerdo 008 de 2006 se establecen los requisitos y trámites de viabilidad para que las Entidades Territoriales beneficiarias de los recursos de la promoción de la Minería de destinación específica y el Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS –, presenten proyectos con cargo al Fondo Nacional de Regalías y de reasignación de regalías y compensaciones pactadas a favor de los departamentos y municipios - Escalonamiento.

En el Acuerdo 022 de 2008 que aplica a las entidades territoriales que presenten a consideración del Consejo Asesor de Regalías proyectos de inversión del Sector Eléctrico para la construcción, montaje, instalación y puesta en funcionamiento de la infraestructura para: i) La generación de energía eléctrica; ii) El servicio de alumbrado

público; iii) Las líneas del Sistema de Transmisión Regional - STR -; iv) Las subestaciones eléctricas del Sistema de Transmisión Regional; v) Las redes de distribución; y vi) La normalización de las conexiones de los usuarios. (Ministerio de minas y energía, 2016)

2.1.8. Fuentes de generación: Las zonas no interconectadas, representan un del 66%, unos 756.000 Km², según la ubicación geográfica de dichas extensiones de terreno; son áreas ricas en fuentes renovables de energía; grandes cuencas hidrográficas, velocidades de vientos aprovechables y buena disponibilidad de recurso solar.

Con fines de estudios de energía eólica, vientos con intensidades iguales o superiores a 5 m/s proporcionan una buena alternativa de uso de este tipo de recurso natural para la generación de energía. Una aproximación del comportamiento de la velocidad del viento en superficie sobre territorio nacional es el que se presenta a continuación:

- Durante todo el año, vientos iguales o superiores a 5 m/s, alcanzando aun los 11 m/s, se mantienen en la Península de La Guajira. El resto del país presenta variaciones dentro del ciclo estacional.
- Para el período comprendido entre diciembre y abril se observan vientos que pueden llegar a los 4 m/s en sectores del Golfo de Urabá, cuenca del río Sinú al noroccidente de Antioquia, Medio Magdalena y sur del Catatumbo a la altura de Norte de Santander, sur de la cuenca del río Sogamoso en los límites entre Cundinamarca y Boyacá, Alto Magdalena en los límites entre los departamentos de Huila y Meta, en los Llanos Orientales al nororiente del Vichada y en los sectores limítrofes de Casanare, Meta y Arauca. Vientos que en el campo medio pueden superar los 5 m/s para esta misma época se observan en el Bajo Magdalena y la cuenca del Cesar en los departamentos de Bolívar y Atlántico, Norte de Santander y centro y sur del Cesar.

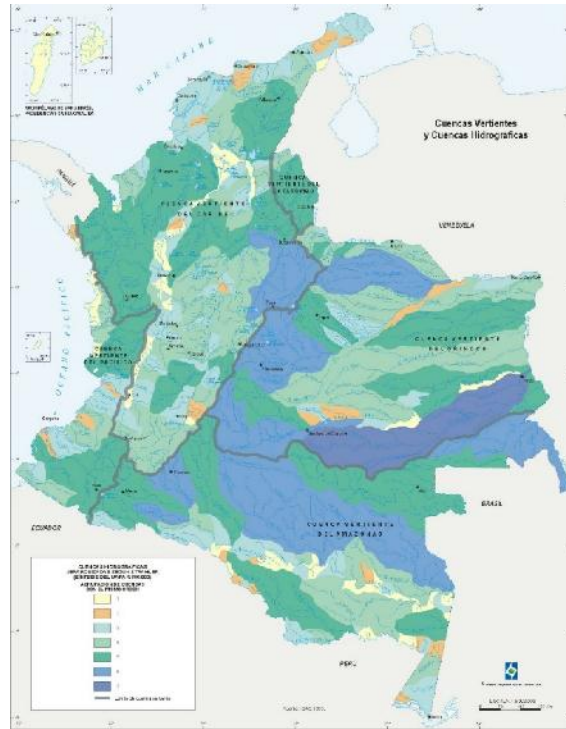


Figura 2, Mapa de cuentas hidrográficas de Colombia. Fuente: IGAC

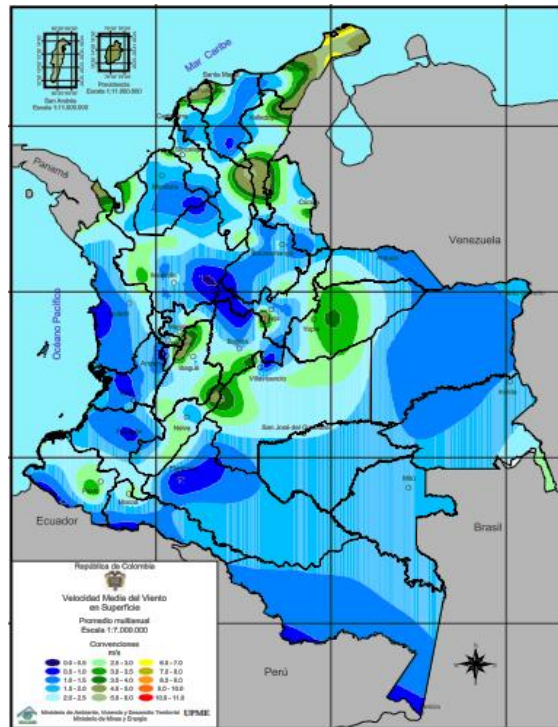


Figura 1, Mapa velocidad del viento anual Colombia Isotaca. Fuente: Atlas de viento y energía eólica en Colombia

- En el litoral central del departamento de Bolívar las velocidades del viento pueden llegar alrededor de 11m/s. No obstante, en abril hay una reducción significativa en la intensidad de los vientos hacia el centro del país por la ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical que trae consigo vientos más débiles.
- En el ciclo temporal comprendido entre mayo y septiembre, vientos cercanos a los 6 m/s se aprecian en el Bajo Magdalena en el centro de los departamentos de Cesar y Bolívar, región del Catatumbo en Norte de Santander, límites entre Boyacá y Cundinamarca, límites entre Meta, Huila y Cundinamarca, así como en la montaña nariñense. No obstante, entre junio y agosto, estos vientos se extienden sobre gran parte del Tolima, Risaralda, Quindío, suroriente de Caldas y en general en el Alto Magdalena.
- Similar a lo que pasa en abril, en octubre y noviembre los vientos en el centro del país se debilitan. Sin embargo, se mantienen intensidades que alcanzan los 6 m/s en La Guajira y cercanas a los 4 m/s en el litoral central de Bolívar y Atlántico, límites entre Boyacá y Cundinamarca, Piedemonte Llanero de Meta y Casanare. En cuanto a la dirección del viento, en general los flujos sobre los Llanos Orientales y la Amazonia quedaron influenciados por las circulaciones de tipo sinóptico que ofrecen los modelos regionales, mientras que en zonas montañosas se presenta una mejor influencia del dato de la estación meteorológica y de la orografía por la que discurre el flujo de aire. (UPME, 2006).

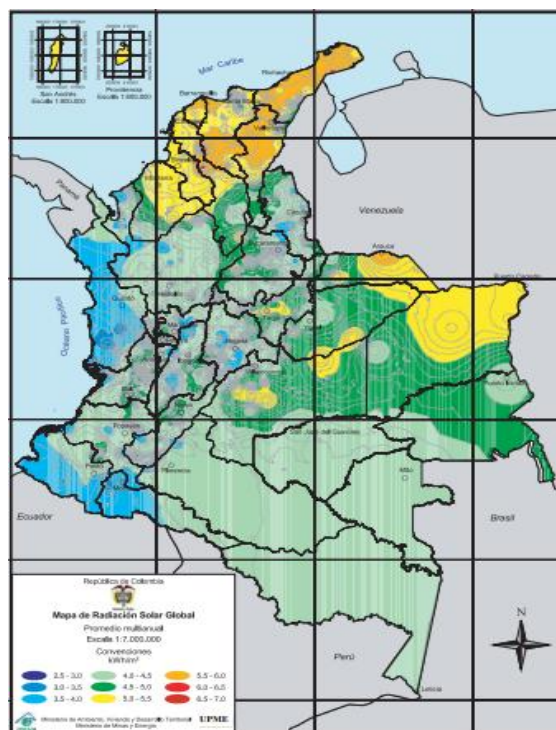


Figura 3, Mapa radiación anual – Colombia. Fuente: Atlas de radiación solar Colombia

- En Colombia –por su posición geográfica en el planeta, dentro de la zona tórrida y en la región andina– existen condiciones climáticas variadas y especiales que afectan la disponibilidad del recurso solar, que representa una oportunidad de energía limpia para un desarrollo sostenible. En la medida en que fructifiquen los esfuerzos del IDEAM para mejorar tanto la red de estaciones de referencia en su distribución y operación en el territorio colombiano como la información que se captura, procesan y analiza, se continuará perfeccionando el conocimiento de nuestros recursos naturales. (UPME, 2006)

2.2. MARCO LEGAL

2.2.1. Zonas no interconectadas: En la ley 143 de 1994 se reconoce la existencia de zonas no interconectadas. En la ley 855 del 2003 en el artículo 1 se define: las zonas no interconectadas son todos aquellos municipios, corregimientos, localidades, caseríos; no conectados al sistema interconectado nacional, estas zonas son abastecidas principalmente por plantas diésel, paneles solares y pequeñas centrales de generación. (UPME, 2006) Con la ley 833 del 2000 con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2007 y luego con la 1099 del 2006 con vigencia hasta 31 de diciembre de 2014 se crea el FANZI-fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas, cuyo objetivo es financiar los planes, programas y proyectos para las ZNI según la normatividad establecida por el Ministerio de minas y energía. (Ministerio de minas y energía, 2016)

En la ley 1151 de 2007 en el artículo 65 se establece que el Ministerio de Minas y energía se encargará de diseñar esquemas sostenibles para la prestación del servicio de energía eléctrica (Artículo 365, 1991) para las zonas no interconectadas.

En el mapa 1 se muestran las zonas interconectadas y las zonas no interconectadas de Colombia.

2.2.2. Servicios públicos domiciliarios: En la ley 142 de 1994 se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.

Artículo 1º. Ámbito de aplicación de la ley. Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades

complementarias definidas en el Capítulo II del presente título y a los otros servicios previstos en normas especiales de esta Ley.

Artículo 2º. Intervención del Estado en los servicios públicos. El Estado intervendrá en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata esta Ley, en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, para los siguientes fines:

2.1. Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.

2.2. Ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de la capacidad de pago de los usuarios.

2.3. Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.

2.4. Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.

2.5. Prestación eficiente.

2.6. Libertad de competencia y no utilización abusiva de la posición dominante.

2.7. Obtención de economías de escala comprobables.

2.8. Mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.

2.9. Establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad



Figura 4, Zonas interconectadas y zonas no interconectadas. Fuente: presentación oficial del IPSE (IPSE, Agosto 2010)

Artículo 3º. Instrumentos de la intervención estatal. Constituyen instrumentos para la intervención estatal en los servicios públicos todas las atribuciones y funciones asignadas a las entidades, autoridades y organismos de que trata esta Ley, especialmente las relativas a las siguientes materias:

- 3.1. Promoción y apoyo a personas que presten los servicios públicos.
- 3.2. Gestión y obtención de recursos para la prestación de servicios.
- 3.3. Regulación de la prestación de los servicios públicos teniendo en cuenta las características de cada región; fijación de metas de eficiencia, cobertura y calidad, evaluación de las mismas, y definición del régimen tarifario.
- 3.4. Control y vigilancia de la observancia de las normas y de los planes y programas sobre la materia.
- 3.5. Organización de sistemas de información, capacitación y asistencia técnica.

3.6. Protección de los recursos naturales.

3.7. Otorgamiento de subsidios a las personas de menores ingresos.

3.8. Estímulo a la inversión de los particulares en los servicios públicos.

3.9. Respeto del principio de neutralidad, a fin de asegurar que no exista ninguna práctica discriminatoria en la prestación de los servicios.

Todas las decisiones de las autoridades en materia de servicios públicos deben fundarse en los motivos que determina esta Ley; y los motivos que invoquen deben ser comprobables.

Todos los prestadores quedarán sujetos, en lo que no sea incompatible con la Constitución o con la ley, a todo lo que esta Ley dispone para las empresas y sus administradores y, en especial, a las regulaciones de las comisiones, al control, inspección y vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos, y a las contribuciones para aquéllas y ésta.

Artículo 4º. Servicios Públicos Esenciales. Para los efectos de la correcta aplicación del inciso primero del artículo 56 de la Constitución Política de Colombia, todos los servicios públicos, de que trata la presente Ley, se considerarán servicios públicos esenciales.

Artículo 5º. Competencia de los municipios en cuanto a la prestación de los servicios públicos. Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan los concejos:

5.1. Asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio en los casos previstos en el artículo siguiente.

5.2. Asegurar en los términos de esta Ley, la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de las entidades que prestan los servicios públicos en el municipio.

5.3. Disponer el otorgamiento de subsidios a los usuarios de menores ingresos, con cargo al presupuesto del municipio, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 60/93 y la presente Ley.

5.4. Estratificar los inmuebles residenciales de acuerdo con las metodologías trazadas por el Gobierno Nacional.

5.5. Establecer en el municipio una nomenclatura alfa numérica precisa, que permita individualizar cada predio al que hayan de darse los servicios públicos.

5.6. Apoyar con inversiones y demás instrumentos descritos en esta Ley a las empresas de servicios públicos promovidas por los departamentos y la Nación para realizar las actividades de su competencia.

5.7. Las demás que les asigne la ley.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

El problema de la energización de zonas no interconectadas, no es un problema nuevo, pero sí muy desconocido para todos los actores del sector energético, político y académico; a continuación, veremos las diferentes ópticas desde donde se abordado el problema en aras de encontrar la mejor solución posible:

Desde la visión política, el senador Baena lanzo un proyecto de ley en 2013, buscando la gratuidad del mínimo de consumo eléctrico para toda la población del Colombia, aborda el tema apegado a los artículos de la constitución Colombiana en donde se promulga el derecho y deber del estado de proveer a todos sus habitantes los servicios públicos mínimos, decreta que este es una necesidad básica, no solo para erradicar la pobreza si no para facilitar el desarrollo social y económico de las Naciones: “Por estas razones se evidencia que los países consideran que la cobertura de los requerimientos básicos de energía, en cantidad y calidad, resulta esencial para una aceptable condición de vida de la población; así como de mayor equidad social. Disponer de energía es una necesidad para lograr el concepto de vivir bien, y esta al mismo nivel que tener un trabajo digno, ingresos suficientes o acceso a agua potable y saneamiento básico.” (Baena, Proyecto de ley , 2013).

El acceso a el fluido eléctrico de buena calidad y constantes es necesario para granizar en el mundo de hoy, acceso a salud (disminuir mortalidad infantil debido a infecciones por ingesta de alimentos contaminados, y no acceso a la medicina básica prenatal); acceso igualitario a las nuevas tecnologías de la información.

Este proyecto de ley es una buena herramienta para buscar garantizar el acceso igualitario a la energía, pero no podemos olvidar que estos proyectos de generación deben ser llamativos para los futuros inversores además de ser sostenibles y mantenibles, tanto técnica como económicamente en el tiempo; por eso es también importante abordar el objeto de estudio

desde la óptica académica, a continuación, la relación de algunos estudios de investigación y profundización.

Un diferente punto de vista, nos muestra las oportunidades de generación sostenible para las ZNI haciendo uso de las energías renovables; una de las condiciones favorables de las ZNI (sin desconocer el difícil acceso a las mismas) es el sin número de fuentes naturales renovables para la generación de energía que poseen, debido a su ubicación geográfica son territorios con potenciales de generación eólica y solar, estas son herramientas viables para cumplir con la meta de energización de estas poblaciones: “Los habitantes de las ZNI requieren de la energía en sus diferentes formas para realizar sus actividades diarias y productivas. El acceso a la energía eléctrica posibilita la implementación de diversas herramientas que facilitan las actividades de los habitantes mejorando su nivel de vida y disminuyendo los riesgos como explosiones debido a la cocción con kerosene, y problemas de salud, como deficiencias respiratorias causadas por las constantes cocciones con leña. Adicionalmente, la energía eléctrica posibilita el acceso a los sistemas actuales de información y comunicación.

Los impactos ambientales y sociales de la energización en las ZNI dependen de la gestión que se realice; una adecuada gestión energética genera un aumento de la calidad de vida de los habitantes y proporciona soluciones sostenibles a largo plazo contribuyendo a la autosostenibilidad local, sin implicar grandes daños ambientales, es más, contribuye al uso eficiente de los recursos y a mitigar el cambio climático” (Gomez, Trabajo de grado, 2011), esta propuesta fue evaluada desde la metodología de comparación de costos de generación de energías alternativas y los costos actuales con y sin subsidio; se consiguieron evaluar los costos de proyectos de generación eólica y solar dimensionando los sistemas requeridos según la zona territorial y los datos estadísticos de condiciones climáticas requeridas para este tipo de proyectos.

Hay estudios más puntualizados que nos dan una aproximación al uso de elementos de la dinámica de sistemas para la evaluación de proyectos en ZNI; “El servicio de energía en estas

zonas es caracterizado por baja cobertura (34% de la población), reducido número de horas de servicio (8 horas en promedio), baja calidad (confiabilidad y disponibilidad), altas pérdidas técnicas y precios altos, cultura del no pago y usuarios con muy bajo nivel de ingresos. En estas zonas existe una capacidad instalada de 102 MW de los cuales 97 MW corresponden a generación autónoma convencional (principalmente plantas diésel), 4.7 MW a pequeñas centrales hidroeléctricas y alrededor de 100 kW a paneles solares fotovoltaicos. El problema de energización ha sido abordado de manera no sistemática con relación a la selección e implementación de alternativas energéticas por las entidades gubernamentales encargadas de la evaluación de proyectos y asignación de recursos financieros para la energización de ZNI.” (Carlos, Isaac , & Santiago , 2007), en este caso se da uso a la dinámica de sistemas acompañada de los elementos de medios de vida sostenible, buscando una real posibilidad de proyectos de generación, aterrizando económicamente como potencialmente las consecuencias de su implementación, en la misma línea de investigación, pero un estudio y modelamiento muy minucioso haciendo uso de las herramientas de la dinámica de sistemas y la sistemas basados en agentes, se cuenta con un estudio realizado en la Universidad Nacional, que evalúa los efectos de la disponibilidad de la energía eléctrica en la dinámica del desarrollo socioeconómico de una comunidad no perteneciente al SIN; donde se concluye: “Para la simulación basada en agentes se identifica un bajo nivel de agregación, en el cual se pueden identificar comportamientos emergentes de una forma natural, y además la posibilidad de construir agentes con objetivos diferentes, como los que están presentes en una comunidad real, pero que se deben analizar como un agregado. Por lo tanto es necesario encontrar una forma de emplear las dos metodologías, para explotar las fortalezas de cada una de ellas, por el nivel de abstracción, el nivel de agregación y los comportamientos particulares, de manera que la simulación sea cercana a la realidad y reconozca la implementación de políticas para mejoras en la situación problemática y la identificación del desarrollo como una tendencia colectiva, a partir de la inclusión de una tecnología energética en sociedades que tienen una

gran diversidad social e intereses diferentes.” (Ceballos, 2014), las aproximaciones a resultados que nos dan el uso de las herramientas de modelamiento de ingeniería, se quedan cortas hasta que o se aterricen y sean utilizadas de la mano de políticas gubernamentales que hagan posible su implementación.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

De manera prototípica, evaluar cómo la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no-interconectadas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la dinámica y estructura de las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano identificando las necesidades de abastecimiento que se presentan en estas zonas
- Identificar y explicar la interacción que existe entre el desarrollo Económico y Social con el abastecimiento de energía eléctrica en las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano
- Identificar cuáles son las posibilidades de desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano; según la disponibilidad de recursos e incentivos otorgados por el gobierno
- Analizar y evaluar la posibilidad de desarrollar proyectos de generación de energía eléctrica auto-sostenibles para las zonas no interconectadas al sistema eléctrico colombiano.
- Desarrollar un modelo para evaluar la evolución de proyectos en las ZNI

5. METODOLOGÍA A UTILIZAR

La realización del proyecto de profundización está basada en dos corrientes de investigación para su formulación y adecuada ejecución:

- Método hipotético-deductivo, el cual consiste en inferir sobre un conjunto de datos o principios iniciales y generar conclusiones sobre procedimientos inductivos y deductivos.
- Pensamiento sistémico-dinámica de sistemas, Es una metodología para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su comportamiento a través del tiempo con tal de que tenga características de existencias de retardos y bucles de realimentación. (Martinez Silvio, 1998)

A continuación, se presentan las etapas planteadas para el desarrollo de la propuesta de profundización:

- **Análisis del sector (ZNI).** Describir la dinámica y estructura, de las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano identificando las necesidades de abastecimiento que se presentan en estas zonas
- **Identificación de las variables de interacción de las ZNI.** Identificar y explicar la interacción que existe entre el desarrollo Económico y Socio-Cultural con el abastecimiento de energía eléctrica en las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano
- **Identificación de posibilidades de desarrollo.** Identificar cuáles son las posibilidades de desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en las zonas no interconectadas del sistema eléctrico colombiano; según la disponibilidad de recursos e incentivos otorgados por el gobierno

- **Evaluar posibles proyectos de desarrollo.** Analizar y evaluar la posibilidad de desarrollar proyectos de generación de energía eléctrica auto-sostenibles para las zonas no interconectadas al sistema eléctrico colombiano.
- **Desarrollar un modelo para evaluar la evolución de proyectos en las ZNI.** Construir un modelo usando las herramientas dinámicas de sistemas para entender la interacción de las variables de las ZNI.

6. VALIDACION DEL MODELO

6.1. Análisis del sector (ZNI):

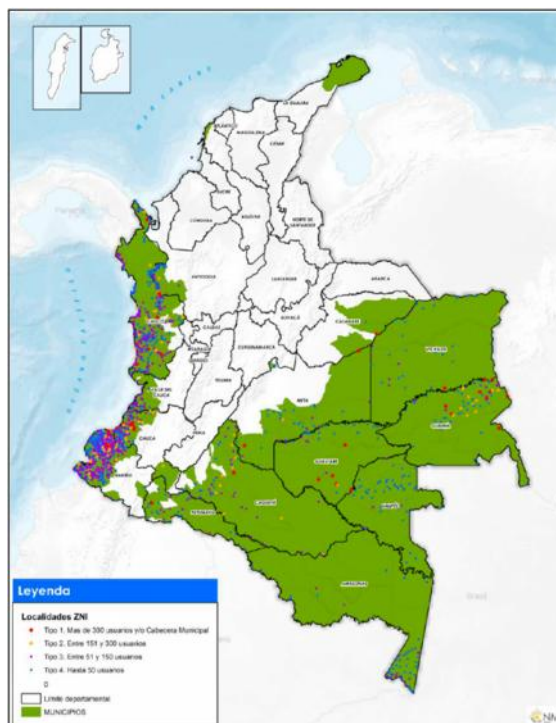


Figura 5, Localidades Zonas no interconectadas.
Fuente: UPME.

La ZNI se encuentran aisladas energéticamente del resto del territorio nacional debido a sus características geográficas y naturales, y, por lo tanto, la prestación del servicio de energía eléctrica debe generarse en cada zona. En consecuencia, existe una necesidad de adquirir energéticos como combustibles para la generación eléctrica local y como combustibles domésticos. Sin embargo, las ZNI no cuentan con la infraestructura que permita el abastecimiento de energéticos a partir de los medios de transporte tradicionales (poliductos y gasoductos), lo cual conlleva que el costo de los energéticos se eleve notoriamente y que el suministro no sea confiable, ni constante.

Las dificultades en el transporte de los energéticos, sumado a las pocas alternativas de generación local, conlleva a que, el servicio energético en las ZNI sea escaso, deficiente y de alto costo, mientras que la capacidad de pago por el recurso es baja. De lo anterior se deduce que, las ZNI requieren alternativas de energización local y económicamente viables para los habitantes de estas regiones. En particular, es de gran importancia encontrar soluciones energéticas para los centros poblados pequeños; ya que, estos tienen una cobertura energética inferior a los centros poblados más grandes, y sin embargo, la mayoría de los proyectos de energización propuestos por el Gobierno Nacional se enfocan a las cabeceras departamentales y municipales.

La gestión energética actual para las ZNI, basada en grandes proyectos de interconexión y en la implementación de combustibles fósiles para la generación local, no es adecuada y está causando fuertes impactos ambientales y sociales. Los proyectos de interconexión tienen grandes afectaciones sobre los ecosistemas generando fragmentación y creando dependencia del SIN; además, no son eficientes, ya que, se generan grandes pérdidas de energía durante la transmisión. La generación a partir de combustibles fósiles causa grandes impactos ambientales en la etapa de transporte y generación, y crea dependencia del abastecimiento del combustible; además, su implementación en los hogares no es segura siendo causa de varios accidentes, explosiones.

6.2. Interrelación entre las variables de desarrollo

socioeconómico y el abastecimiento de energía

“El acercamiento del suministro eléctrico a las poblaciones alejadas de los centros urbanos no sólo mejora sus condiciones de salud y educación, sino que estos servicios se apoyan directamente en la disponibilidad y accesibilidad a la electricidad. Además, la energía eléctrica facilita el acceso a otros servicios como el agua potable y las comunicaciones. Estos servicios

nuevos (o mejorados) provocan cambios en las formas de vida, y significan un incremento en las posibilidades y oportunidades de los individuos y los colectivos sociales” (Vicuña & Pizarro, 2015).

La transformación de la población después de la aparición de la energía eléctrica es gigantesca, gracias a este elemento intangible se han desarrollado las ciudades, se han logrado sinnúmero de avances tecnológicos, la economía globalizada, se han derrumbado barreras físicas y se ha construido todo un mundo gracias a el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación, todo esto ha impulsado el desarrollo socioeconómico de mundo; sin embargo contamos con poblaciones al borde de la miseria para las cuales tales bondades no son conocidas; es obligación de los gobiernos lograr llevar el beneficio que otorga el acceso a la energía eléctrica para todos los habitantes de su nación; la tarea es encontrar las estrategias acorde a las necesidades y recursos de cada población.

6.3. Identificación de posibilidades de desarrollo

FAZNI El objetivo del FAZNI es financiar los planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas (ZNI), de acuerdo con la ley y con las políticas de energización que para las zonas no interconectadas ha determinado el Ministerio de Minas y Energía, conforme con los lineamientos de política establecidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social en documentos tales como los Documentos Conpes 3108 de 2001 y 3453 de 2006, 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.

Plan de Energización Rural sostenible para el Departamento de Nariño (PERS-Nariño):

El PERS se consolidó mediante Convenio Interinstitucional 110 de diciembre de 2012 entre:

- UPME
- CCEP – USAID
- IPSE
- Universidad de Nariño

Proyectos Formulados:

1. Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño (SGR)
2. Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en Instituciones Educativas Rurales en las Subregiones de Sanquianga, Pacífico Sur, Telembí y Cordillera (Pacífico Pura Energía, CPN, CCEP-USAID, Alo&Partners-ECE Francia).
3. Generación de Energía Eléctrica a partir de Residuos Forestales en el Municipio de Olaya Herrera (CPN, CCEPUSAID, Alo&Partners-Renovo).
4. Centro Agroindustrial, Pecuario y Turístico CAPTUCAMAWÁRI
(CPN, CONPES AGRARIO).
5. Aprovechamiento de los recursos biomásicos con uso de biodigestores para generación de energía y producción de abono orgánico en el municipio de Cumbal (CPN, Comunidad Pastos).
6. Estudio del diseño e implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico como estrategia alternativa y sostenible de energización en el municipio de Santacruz del departamento de Nariño (Colciencias, Resguardo El Sande).
7. Estudio de pre factibilidad de generación de energía eléctrica a partir del biogás del relleno sanitario Antanas del municipio de Pasto (EMAS-SALA).
8. Aportes a la sostenibilidad del sector panelero mediante gestión energética en el departamento de Nariño (Fedepanela, Asociación de Productores de Panela de Nariño)
9. Granjas digitales (34 granjas VIVE DIGITAL)

10. Alumbrado público solar San Lorenzo.
11. Bombeo de agua solar Taminango.
12. Generación eólica Guachucal.
13. PCH El Tambo

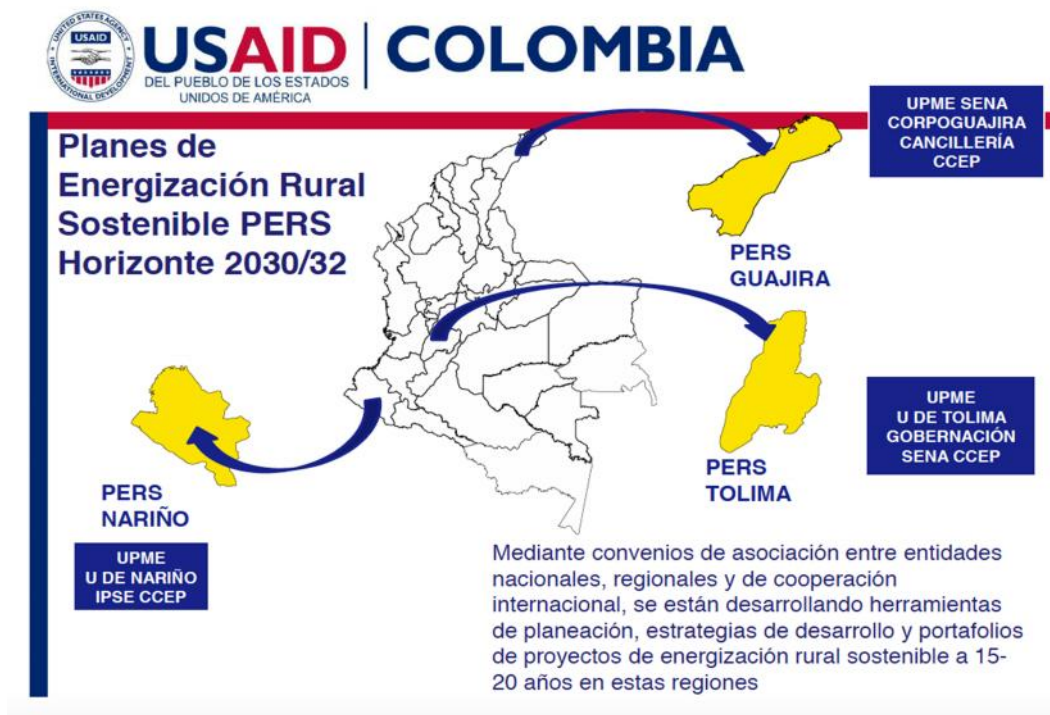


Figura 6, Planes de energización rural sostenible PERS Colombia 2030-32. Fuente: UPME

LEY 1715 2014 Pacífico Sur:-Ley de integración de Energías Renovables (ER) tiene como objetivos:

- Promover el desarrollo y la utilización de las FNCE, básicamente de carácter renovable (FNCER), en el sistema energético nacional, mediante la integración al mercado eléctrico, su participación en las ZNI y en otros usos energéticos.
- Promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el abastecimiento energético.
- Promover la gestión eficiente de la energía (GEE), que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Incentivos a Inversiones en ER:

- Hasta 50% de inversión deducible de su renta en 5 años.
- Exención de IVA a equipos, elementos, maquinaria y servicios para producción, utilización y medición ER.

- Exención de aranceles.
- Incentivo contable: régimen de depreciación acelerada de activos.

Para ZNI – prórroga FAZNI hasta 31.12.2021; promoción soluciones híbridas; Planes Energización Rural Sostenible; fomento uso fuentes renovables locales; fomento esquemas empresariales vía nuevo FENOGE.

El Gobierno Nacional implementará un programa destinado a sustituir progresivamente la generación con diésel en las ZNI con el objetivo de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases contaminantes, para lo cual implementará las siguientes acciones:

- Áreas de servicio exclusivo de energía eléctrica y gas combustible;
- Esquema de incentivos a los prestadores de servicio de energía eléctrica en Zonas no Interconectadas

6.4. Evaluar posibles proyectos de desarrollo:

Aunque existen diferentes iniciativas de fomentar la implementación de energías renovables a lo largo de toda Colombia, particularmente en las ZNI, el desarrollo de proyectos aún se encuentra en su etapa inicial. Sin embargo, los diferentes estudios y documentos realizados permiten que se siga avanzando y construyendo nuevas propuestas.

En 1992 el Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, (INEA) y la Comisión Nacional de Energía realizaron el documento, Bases para la formulación de un plan de fuentes nuevas y renovables para Colombia, en donde se resaltó la importancia de contar con información base para poder avanzar y tomar decisiones. Siguiendo las recomendaciones de dicho documento se desarrollaron varias investigaciones y e informes; ente ellos, el Censo y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos instalados en Colombia, elaborado por la INEA en 1996; el Atlas de Radiación Solar de Colombia y el Atlas de Viento y de Energía Eólica de Colombia, elaborados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de

Colombia (IDEAM) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en el 2005 y 2006 respectivamente.

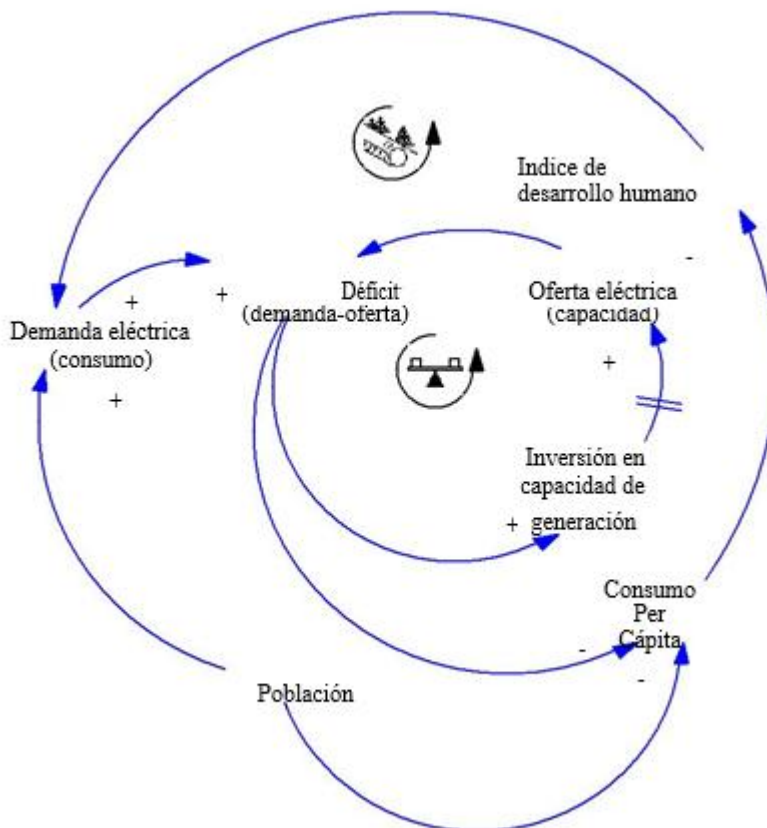
Posteriormente, en cabeza de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y a cargo del consorcio energético Corpoema, se desarrolló un estudio detallado de las Fuentes No Convencionales de Energías (FNCE) y de su potencial en Colombia, con el fin de formular un plan para fomentar el desarrollo de las FNCE en Colombia. El informe final de este estudio, Formulación de una Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE), fue presentado en diciembre del 2010 y consta de tres volúmenes. El primer volumen, Plan de Desarrollo para Las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE), presenta un resumen del diagnóstico y la formulación del plan de desarrollo para las FNCE, con objetivos y estrategias. El segundo volumen, Diagnóstico de la FNCE en Colombia, presenta un diagnóstico de las FNCE en Colombia, incluyendo el marco legal y regulatorio para las FNCE, aspectos ambientales y proyectos desarrollados. El tercer volumen, Elementos de Política, Riesgos ante El Cambio Climático, Complementariedad entre las FNCE y el SIN, y Costos Indicativos de las FNCE, presenta un análisis de la política internacional referente a las FNCE y define elementos de política para Colombia; y posteriormente, presenta los costos de capital y generación para las diferentes tecnologías. Sin embargo, no se calculan los costos para soluciones particulares en cada municipio, como sí se están tratando en este estudio.

En cuanto a las ZNI se destaca un estudio realizado por el consorcio Hagler Bailly Services y Aene Consultoría S.A, en cabeza de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en donde se realiza una caracterización detallada de las ZNI y de sus condiciones energéticas; con el fin de estructurar un marco institucional, financiero y regulatorio que permita aumentar la cobertura energética y mejorar las condiciones del servicio en las ZNI promoviendo alternativas autosustentables. Como resultado de este estudio se obtuvieron varios documentos (entre ellos el Documento No. ANC-375-20: La oferta energética actual) y un informe final presentado en el

2001, Establecimiento de un Plan Estructural, Institucional Y Financiero, que Permita el Abastecimiento Energético de las Zonas No Interconectadas con Participación de las Comunidades y el Sector Privado, que resume los resultados de los diferentes documentos particulares y del estudio en general. En dicho estudio se realiza una caracterización de las ZNI y de sus condiciones energéticas, y una revisión del marco legal y regulatorio. Posteriormente, se agrupan los centros poblados de las ZNI según sus características energéticas, económicos y sociales, se establecen las condiciones mínimas de prestación de servicio para cada grupo, y se recomiendan tecnologías para el suministro. Finalmente, se plantean estrategias institucionales y financieras, y mecanismos de regulación y control.

6.5. Modelo para evaluación de proyectos en las Zonas no Interconectadas.

Inicialmente debemos plantear el diagrama causal para el caso de estudio; el diagrama causal es una representación de las relaciones dinámicas existentes entre las diferentes variables que intervienen en el modelo en estudio. También permite identificar los ciclos de realimentación dentro del modelo, y la influencia que estos podrán tener en los resultados del modelo.



Grafica 1. Diagrama causal para el análisis de como la energía fomenta el desarrollo. Fuente: Elaboración propia

En el diagrama, se logran visualizar las relaciones entre las variables, si estas son positivas o negativas y, los ciclos de realimentación que se forman. Se tiene que ante un incremento de la demanda de energía eléctrica aumenta el déficit, el cual se convertirá en una variable de gran importancia, porque como se observa en el diagrama, hace parte de dos ciclos. En el ciclo interno se tienen las siguientes relaciones: ante un incremento del déficit, se incentiva la inversión en capacidad de generación, este hecho producirá, con un retraso de por medio, un aumento en la oferta total de energía eléctrica en la población, lo que a su vez, reducirá el déficit. De esta forma, se tiene que las variables forman un ciclo de balance.

Luego, en el ciclo que para el caso se llamará el ciclo externo, se tiene que un incremento del déficit disminuirá la cifra del consumo per-cápita; un aumento en el consumo per-cápita tendrá como resultado una disminución en el índice de necesidades básicas insatisfechas; el

incremento en el índice de necesidades básicas insatisfechas aumenta la demanda de energía eléctrica, la cual como se dijo anteriormente, incrementa el déficit. Es así como se forma un ciclo de refuerzo, con dos relaciones positivas y dos relaciones negativas entre las variables implicadas.

Por fuera de los ciclos previamente analizados se encuentra la población, la cual se relaciona negativamente con el consumo per-cápita, ya que si la población aumenta, la energía disponible deberá ser repartida entre un mayor número de personas. Y se relaciona positivamente con la demanda porque ante un incremento de personas en el total de población, la demanda total de energía en las zonas será mayor.

Para el planteamiento de las variables a tener en cuenta en el modelamiento, debemos tener claro los siguientes conceptos, que tiene una influencia directa sobre el comportamiento del sistema de ZNI:

Estratificación de servicios públicos: En Colombia para la facturación, es utilizada la estratificación de servicios públicos, la cual se usa para calcular el valor del subsidio a cada servicio, sin embargo sigue siendo mayor el porcentaje que los más pobres usan para el pago de los servicios públicos, el cuales es de alrededor de 10% (sin subsidio seria alrededor de 17%), mientras que los estratos más altos invierten un 4,5% en el pago de servicios, para las ZNI es casi inexistente las conexiones de servicios públicos, no existen alcantarillados ni redes de gas o electricidad, por lo que tratar de involucrar las ZNI a la estratificación Nacional representa un inconveniente más por resolver conjunto a el suministro eléctrico.

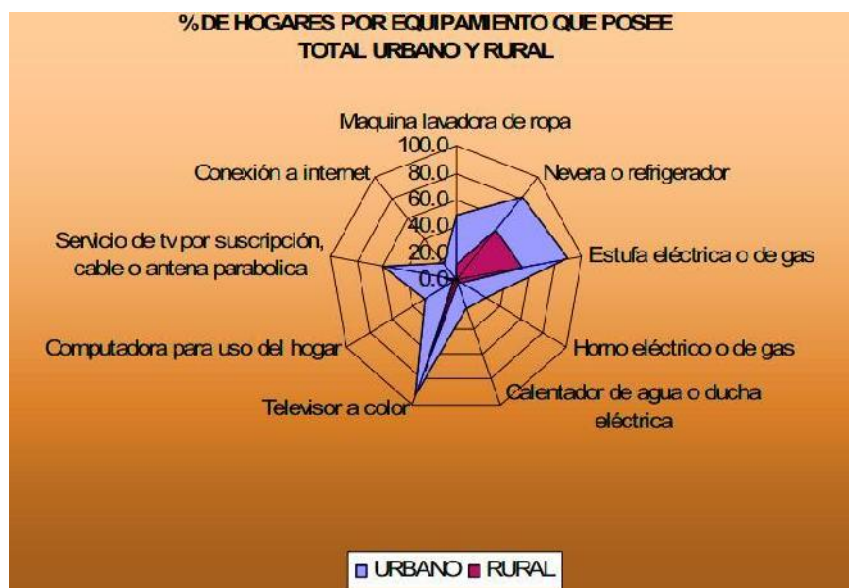


Figura 7. Equipamiento por localización. Fuente: CEPAL

Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI): El Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), es un instrumento de caracterización de la población que ha servido para medir la insatisfacción de determinadas necesidades básicas de esta. De ahí que lo podamos relacionar directamente con el término *pobreza*; el cual podríamos definir como “la situación de aquellos hogares que no logran reunir, en forma relativamente estable, los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de sus miembros(…)” (CEPAL / DGEC, 1988a). Ahora bien, para determinar la insatisfacción de estas necesidades básicas de una forma directa tenemos el método de las NBI; el cual fue introducido por la CEPAL en los años ochenta este método aprovecha la información de los censos demográficos y de vivienda para poder caracterizar la pobreza. Eligiendo una serie de indicadores para poder constatar si se satisfacen o no algunas necesidades principales.

Lo primero que se requiere es seleccionar los indicadores y para esto se hace a partir de los censos de población y vivienda aplicando cuatro pasos:

- Determinar el grupo de necesidades básicas a considerar.
- Elegir indicadores censales que representen dichas necesidades.

- Definir el nivel crítico de satisfacción para cada necesidad.
- Asegurar que los indicadores seleccionados correspondan a situaciones de pobreza.

El primer punto es básicamente identificar las necesidades que deben ser satisfechas para que se pueda decir que se considera un hogar digno. Se debe tener en cuenta que esto incluye necesidades *Absolutas* y *Relativas*. Las necesidades que suelen considerarse suelen limitar a las siguientes categorías:

- Acceso a una vivienda que asegure un estándar mínimo de habitabilidad para el hogar.
- Acceso a servicios básicos que aseguren un nivel sanitario adecuado.
- Acceso a educación básica.
- Capacidad económica para alcanzar niveles mínimos de consumo.

Para el segundo paso, se debe tener en cuenta que los censos proporcionan información limitada, así que debe determinar las dimensiones de las necesidades básicas factibles de ser medidas y las respectivas variables censales. En la Tabla 1 se presenta un ejemplo típico de las variables censales que se miden en América Latina

Tabla 2. Necesidades básicas, dimensiones y variables censales. (Fuente: CEPAL/PNUD)

Necesidades básicas	Dimensiones	Variables censales
Acceso a vivienda	Calidad de la vivienda	Materiales de construcción utilizados en piso, paredes y techo
	Hacinamiento	Número de personas en hogar y número de cuartos por vivienda
Acceso a servicios sanitarios	Disponibilidad de agua potable	Fuente de abastecimiento de agua en vivienda
	Tipo de sistema de eliminación de	Disponibilidad del sistema sanitario

	excretas	de eliminación de excretas
Acceso a educación	Asistencia de los niños en edad escolar aun establecimiento educativo.	Edad miembros de hogar asistencia a establecimiento educativo
Capacidad económica	Probabilidad de insuficiencia de ingresos del hogar	Edad de los miembros del hogar, ultimo nivel educativo aprobado, número de personas en el hogar y condición de actividad.

Para el tercer paso del proceso, definir el nivel crítico de satisfacción de cada necesidad, o por decirlo de otra forma, el nivel aceptable. El cual debe ser coherente con las posibilidades económicas de cada país.

Ya para el cuarto paso, se debe garantizar la representatividad de las variables elegidas. Por lo que se debe asegurar que censo dé cuenta también de situaciones no evidentes pero correlacionales.

Los indicadores que se utilizan típicamente son Calidad de vivienda, Condiciones sanitarias, Educación y Capacidad económica.

Una vez se identifican las diferentes carencias en los hogares se debe hacer la respectiva clasificación entre “pobres” y “no pobres” a través del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas. El mecanismo para esto es muy sencillo. Cuando un hogar presenta al menos una carencia crítica, el INBI toma el valor de 1; sino es 0. Al hacer esto para todos los hogares se puede obtener cuántos hogares tienen al menos una de las necesidades básicas no satisfechas y se puede concluir que en consecuencia son hogares “pobres”.

Este método puede presentar algunos problemas al no poder diferenciar la magnitud de las

Insatisfacciones. Adicional, hay que tener en cuenta que se asume que al no tener al menos una de las necesidades básicas, se considera pobre al hogar; lo cual también representa problemas y puede ser considerado arbitrario. Así que este método podría ser complementario a otros métodos de medición.

Consumo de Subsistencia: “Es la cantidad mínima de energía eléctrica utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer necesidades básicas que puedan ser satisfechas eficiente y económicamente, mediante esta forma de energía final. El nivel del consumo básico será el determinado por la Ley. Actualmente es de 200 KWh por mes de acuerdo con la Ley 188 de 1995. Este consumo es la base para el otorgamiento de los subsidios a los usuarios de los estratos 1, 2 y 3, tal como se precisa en el Anexo 2 de la Resolución CREG 077 de 1997.” (Baena, Proyecto de ley , 2013)

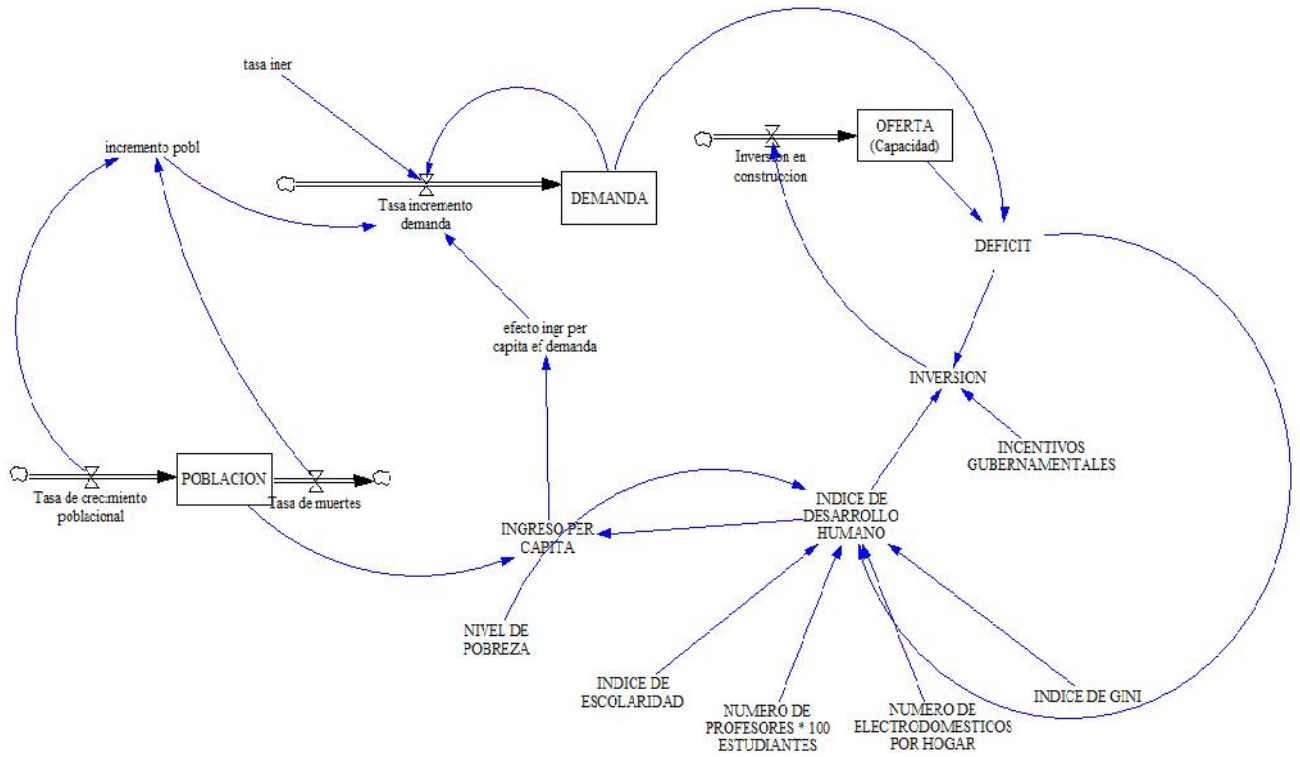
Los valores de nivel de consumo básico de energía cambiaron en el 2004 donde fueron reducidos, para climas calientes de 173KWh y para climas fríos y templados de 130KWh (Resolución UPME 0355 de 2004), después de consumir estos valores las tarifas serán plenas, es decir no se aplicará subsidio sin importar el estrato.

La determinación del valor de consumo básico o de subsistencia el cual en teoría debe ser el valor con el que se le da cubrimiento a las necesidades, en sí mismo presenta un inconveniente porque a este lo afecta variables de tipo físico, climatológico, sociales, tecnológicas y económicas, y esto efectivamente es lo que sucede en las ZNI, se habló de este en proyectos de ley donde se establece un valor de 183 KWh/mes para la zona no interconectada del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, pero para las demás no se establece un valor, debe establecerse pero no se ha hecho porque en realidad no se han realizado las mediciones respectivas para establecer este valor en estas zonas tan marginadas de Colombia.

Después de la clarificación de estos conceptos; procedemos a definir las variables a utilizar en el modelo sistémico:

- Población: Valor total de habitantes de la zona en particular analizada en el modelo. En este caso.
- Consumo per-cápita: Cantidad de energía eléctrica que en promedio consume en un año cada habitante de la zona analizada.
- Demanda eléctrica: Se define como el total de energía eléctrica demandado por la población.
- Inversión en capacidad de generación: Hace referencia al aumento en la capacidad de generación de la zona debido al fortalecimiento de inversión en generación.
- Oferta eléctrica: Cantidad de energía eléctrica disponible para el consumo de la población.
- Población: Conjunto de personas que habitan en la cabecera y en las áreas rurales de las ZNI (se toman valores de estudios de población Rural en el país)
- Tasa de incremento poblacional: Índice que expresa el crecimiento o decrecimiento de la población en un periodo de tiempo determinado. Para efectos del modelamiento, sólo se tuvieron en cuenta la tasa de nacimientos o de natalidad y la tasa de muertes o mortalidad.
- Tasa de crecimiento inercial: Corresponde a la tasa de incremento de la demanda de energía eléctrica. A nivel nacional la tasa de crecimiento inercial es de 4.3%, pero debido a que se hablamos de zonas no interconectadas, en el modelo de DS se supone dicha tasa igual a 3.8%.
- Incremento de la demanda: Crecimiento bruto de la demanda de energía eléctrica en un periodo de tiempo dado como resultado de las tasas de crecimiento poblacional e inercial.

- Demanda: Cantidad de energía eléctrica requerida por la población para desarrollar actividades económicas, sociales, culturas y demás.
- Déficit del sistema: Diferencia entre la demanda de energía eléctrica y la oferta en capacidad instalada que atiende el consumo de electricidad requerido por la población.
- Consumo per cápita: Relación de consumo de energía eléctrica por persona. Debido a la existencia del déficit.
- Inversión: Capacidad instalada en la cual se invierten recursos en un periodo dado. En el modelo la inversión es afectada por los efectos del déficit sobre la inversión, los cuales se suponen que son más altos en la medida en que exista más déficit en el sistema y menores conforme se tenga mayor capacidad de generación instalada.
- Capacidad en construcción: Cantidad de energía eléctrica que será incorporada al sistema de red eléctrica.
- Oferta: Cantidad de energía eléctrica entregada a las poblaciones de las ZNI para desarrollar actividades económicas, sociales, culturas y demás.
- Número de profesores * 100 estudiantes: Es la relación que establece el número de profesores que están disponibles para atender las necesidades de educación de una cierta población.
- Numero de electrodomésticos por hogar: es la relación que se utiliza para medir el nivel de consumo energético y la capacidad adquisitiva de los hogares.
- Índice de escolaridad: hace referencia al nivel, tasa de educación al que acceden los pertenecientes a una población.
- Índice de gini: Es el coeficiente de desigualdad de los ingresos de una población



Grafica 2. Diagrama de flujos y niveles para el análisis de cómo la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no-interconectadas. Fuente: Elaboración propia

7. ANALISIS DE RESULTADOS

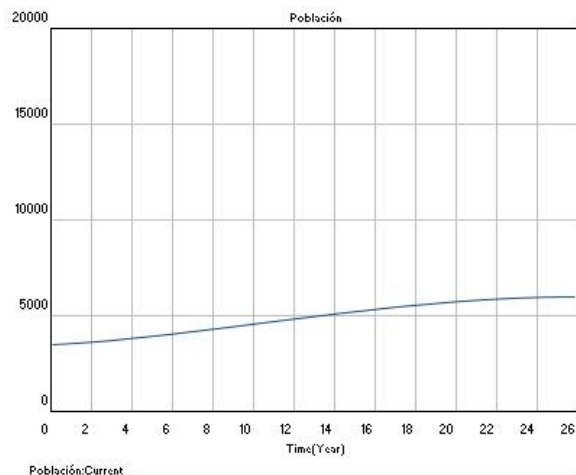
En este capítulo se realiza el análisis de las interacciones de las variables registradas en el modelo, para entender de mejor manera los resultados presentados debemos tener en cuenta que los datos obtenidos son producto del modelamiento de un comportamiento general de las zonas rurales (mayor concentración de ZNI), es decir se asumieron factores y datos para todas la ZNI, lo que puede tener conclusiones no tan cercanas a la realidad en algunas zonas puntuales.

El crecimiento poblacional (Ver grafica 3) en estas zonas tiene un comportamiento más o menos constante y estable, este crecimiento controlado no es debido la decisión consciente de la población, es más bien un efecto de problemas como la mortalidad infantil (altos índices de enfermedades infecciosas, inexistencia de controles prenatales, malformaciones genéticas y desnutrición), el precario nivel de salud, los inexistentes programas de protección social el no acceso a la los servicios públicos básicos, dentro de estos de una manera indirecta el acceso a el fluido eléctrico, ya que gracias a este muchos de los factores antes mencionados son posibles.

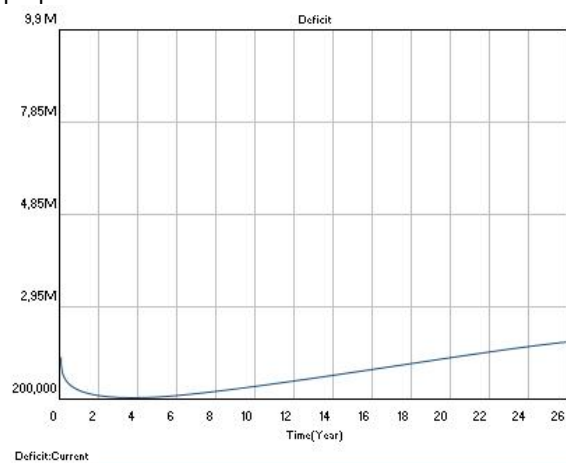
El déficit de energía tiene un incremento después del décimo año de simulación, esto en respuesta al desestimulo en la inversión de construcción de proyectos, ya que el crecimiento poblacional no presenta incrementos significativos y tenemos mayor oferta que demanda para este periodo.

El consumo de energía eléctrica evoluciona de manera cíclica, entre el crecimiento de la demanda, el estancamiento periódico de la contracción e inversión en nuevos proyectos, y el leve incremento de nivel de vida y desarrollo de estas comunidades, está directamente afectado por el nivel de equipos o procesos que requieran fluido eléctrico, que para el caso rural, dependen del grado de tecnificación en procesos, incremento en nivel de escolaridad y

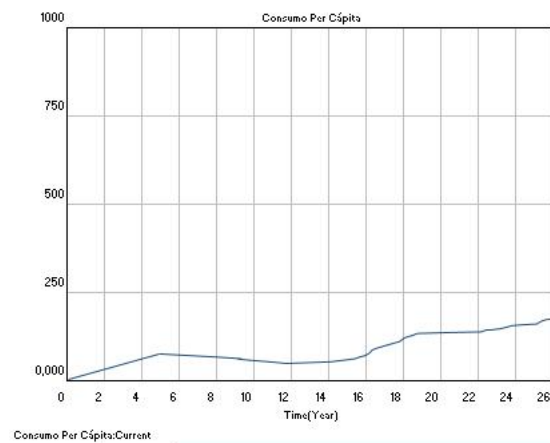
accesos a empleos lo que requiere una intervención estatal significativa, lo que implica sin estas variaciones incrementales tanto en la demanda como en el consumo per cápita de energía eléctrica (Ver graficas 5 y 6).



Grafica 3. Población 2016-2042. Fuente: Elaboración propia

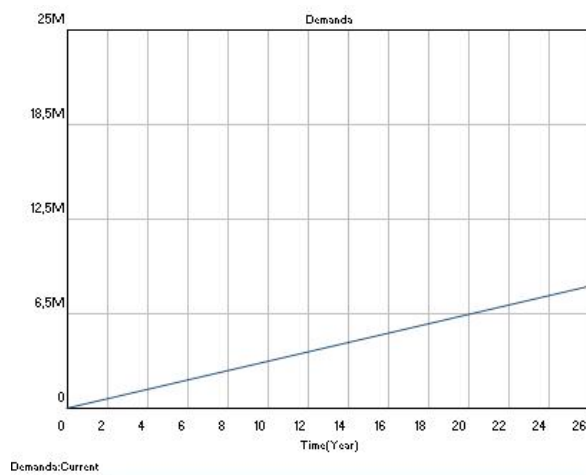


Grafica 4. Déficit de energía eléctrica en ZNI 2016-2042 Fuente: Elaboración propia

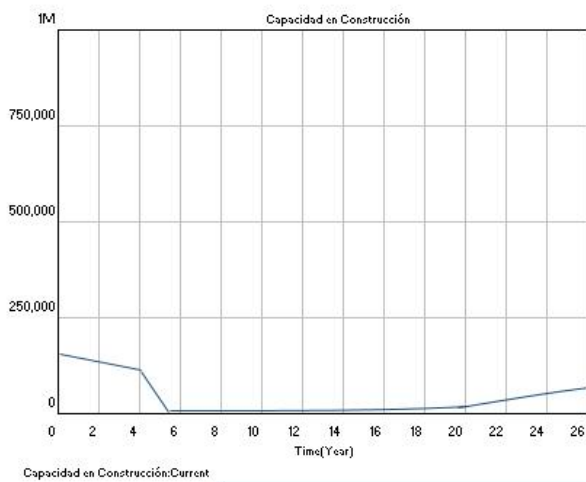


Grafica 3. Demanda de energía eléctrica en ZNI 2016-204 Fuente: Elaboración propia

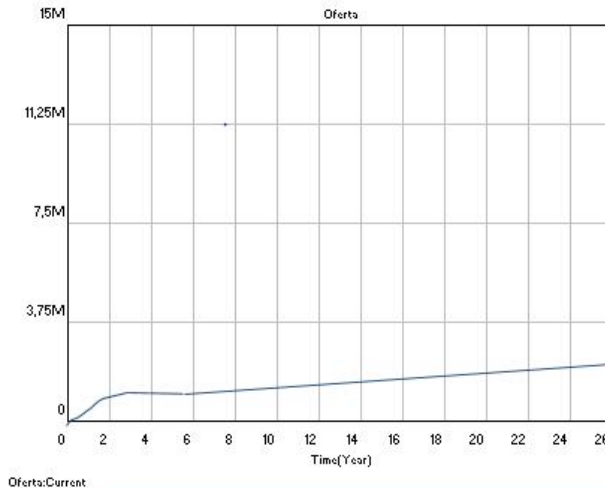
Se observa que en los primeros 3 años se invierte activamente en capacidad de generación (Ver Gráfica 7) por efecto del déficit sobre la misma inversión (Ver Gráfica 8).



Gráfica 5. Consumo per cápita de energía eléctrica 2016-2042 Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4. Capacidad de generación en construcción ZNI 2016-2042 Fuente: Elaboración propia



Grafica 6. Oferta de energía eléctrica en ZNI 2016-2042
Fuente: Elaboración propia

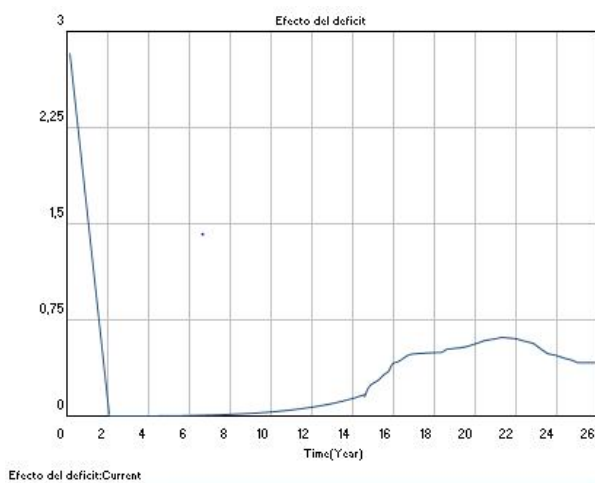
Después del tercer año de simulación y hasta la siguiente década, la oferta de electricidad (Ver Gráfica 8) es mayor que la demanda. No obstante, en este periodo de tiempo la demanda de energía eléctrica sigue aumentando como resultado de su desarrollo inercial, del crecimiento poblacional. En este punto vale la pena destacar, que en dicho periodo de tiempo por la falta de nueva capacidad instalada el crecimiento per cápita de electricidad disminuye.

Eso último refleja la dinámica de los mercados mayoristas de electricidad, en los cuales ciclos de inversión preceden periodos de aumento de la demanda y viceversa. Los resultados también indican que una de las consecuencias del primer ciclo de inversión (periodo de inicio y hasta el tercer año de simulación), es una oferta de electricidad mayor en comparación con la demanda estimada para los siguientes 10 años, lo que genera excedentes en capacidad instalada y favorece entre otras cosas el crecimiento de la economía.

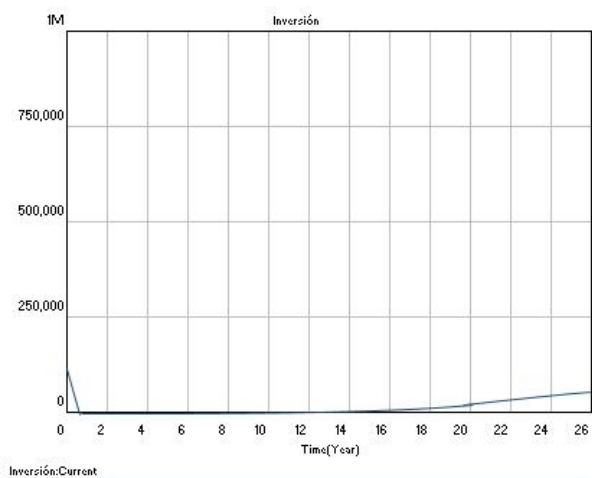
Por otra parte, después de la primera década de simulación la demanda de energía eléctrica supera nuevamente la oferta, lo que estimula el segundo ciclo de inversión en capacidad instalada. A partir de dicho año, no se observa un nuevo periodo de equilibrio en el sistema por lo que de forma continua se invierten recursos para generación. Esto último significa que el sistema siempre permanece en déficit, es decir, existe una proporción de la demanda que es desatendida. Lo anterior puede identificarse a partir de los crecimientos exponenciales de la demanda, la oferta y el déficit. En este punto vale la pena destacar que el efecto del déficit sobre la inversión es aproximadamente constante porque la demanda insatisfecha oscila entre

30 y 40%, estos altos valores son representación de la digresión en cuanto a la densidad poblacional, si bien se incremente la inversión en ZNI, el número de proyectos individuales es casi equiparable al número de comunidades de este tipo existentes, ya que no solo es económicamente inviable la interconexión al SIN sino la interconexión entre comunidades del mismo tipo

Los resultados indican que éste índice se reducirá en magnitud a los valores que actualmente se observan en ciudades como Medellín, Manizales, Bucaramanga y Cali (Ver Gráfica 8). Cabe resaltar que en materia de consumo per cápita de electricidad y NBI, es probable que en el largo plazo el modelo no represente adecuadamente la realidad de las ZNI, en primer lugar por el porcentaje de demanda insatisfecha y en segunda medida porque si la tendencia observada en el caso de estudio es similar tanto nacional como internacionalmente, las ZNI continuarán bajo condiciones críticas de acceso a la electricidad y por ende con un grado importante de pobreza



Gráfica 7. Efecto del déficit sobre la inversión en ZNI 2016-2042. Fuente: Elaboración propia

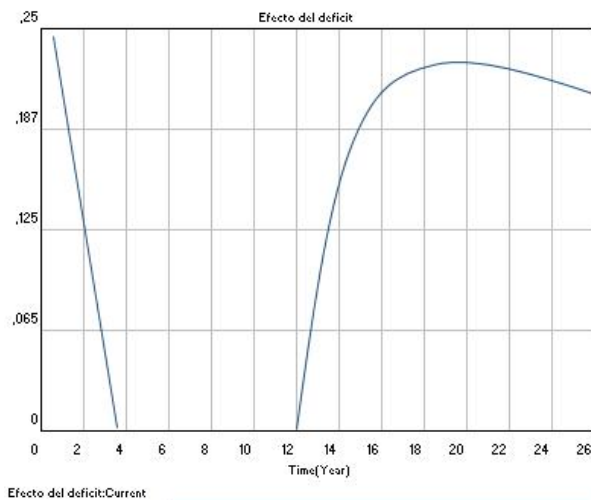


Grafica 8. Inversión en capacidad de generación en ZNI 2016-2042. Fuente: Elaboración propia

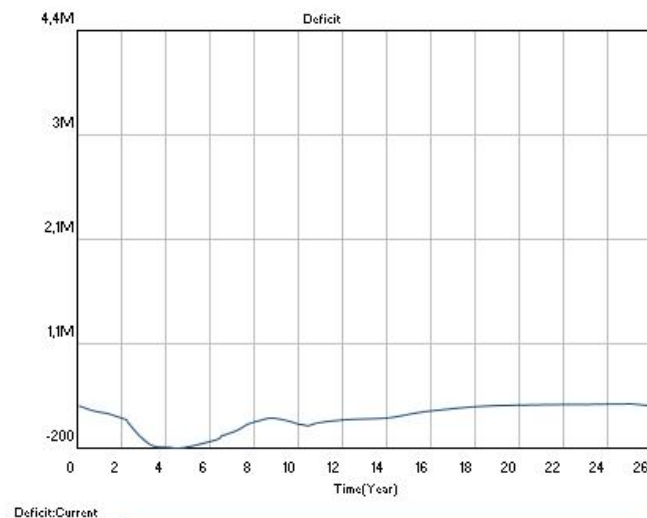
Con el objetivo de evaluar la sensibilidad del modelo, se propuso una variación en el efecto del déficit sobre la inversión (Ver Grafica 8) particularmente en el hecho de disminuir el impacto cuando el déficit es muy alto y aumentarlo cuando el déficit sea bajo, teniendo en cuenta que en el primer escenario el efecto es mayor en comparación con el segundo.

Los resultados de dicha sensibilidad indican que la variación en el efecto del déficit sobre la inversión disminuye en el largo plazo el déficit del sistema de 15 a 8.5 [MW/persona-año] (Ver Gráfica 11), y por consiguiente contribuye a la reducción de la pobreza y el aumento del índice de desarrollo humano. En resumen, reducir la brecha entre los efectos del déficit sobre la inversión contribuye a que se acredite mayor capacidad de generación en construcción, la cual es incluida posteriormente a la oferta de electricidad en firme y en consecuencia permite que el déficit del sistema (Ver Gráfica 12) sea menor en comparación con el caso base. En este sentido, la reducción en el déficit permite un mayor consumo per cápita de energía eléctrica y en efecto favorece el aumento del índice de desarrollo humano; en el caso de la relación directa que se establece entre déficit y índice de desarrollo humano; vemos una notable disminución de este último con el aumento del déficit (Ver grafica 13), lo cual es una de las principales conclusiones a las que nos lleva el desarrollo del modelo, entre menos

cumplimiento con el servicio de fluido eléctrico haya a las poblaciones, mayor será su incapacidad de responder a las necesidades de comunicación, educación, alimentación y cultura para desarrollarse.

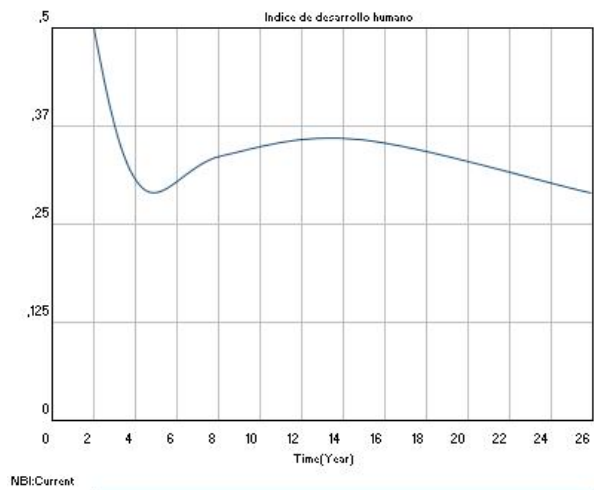


Gráfica 9. Déficit de energía eléctrica en ZNI 2016 2042
Fuente: Elaboración propia



Grafica 10. Efecto del déficit sobre la inversión en capacidad de generación en ZNI 2016-2042. Fuente: Elaboración propia

Este es un modelo de realimentación cíclica, no es un modelo establecido para la solución instantánea de un problema, como se ve en efecto de incremento de las variables que responden a la gestión de la energización de estas zonas, sin embargo no hay que desconocer que esta energización debe estar acompañada por un cambio y reestructuración de la política social, buscando que los niveles de déficit disminuyan y acompañado de esto el índice de desarrollo humano se incremente.



Grafica 11. Efecto déficit sobre el índice de desarrollo Humano ZNI 2016-2042. Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las zonas no interconectadas son por definición, poblaciones alejadas de los cascos urbanos, de difícil acceso donde no llega el fluido eléctrico de la red interconectada nacional, son asentamientos de baja densidad poblacional, su principal fuente de sustento es la agricultura, carecen del suministro de servicios públicos, son comunidades pobres, algunas de ellas incluso tienen índices de miseria social y económica; para solventar y encaminar un desarrollo sustentable y sostenible, se hace necesario, incentivar y crear políticas para la creación de modelos de generación energética que sean amigables con el medio ambiente y contribuyan a la mejora de calidad de vida de estas poblaciones.
- El lograr tener acceso a la energía eléctrica, redundará en mejoras de la calidad de vida de los habitantes rurales en muchos aspectos: 1) contribuye a evitar problemas respiratorios, intoxicaciones y enfermedades de la piel (así como disminuir efecto invernadero) al discontinuar el uso de combustibles como leña, querosene, gas licuado para la elaboración de alimentos, así como permite mantener estos refrigerados evitar su rápida descomposición; 2) permite mejoras en el sistema educativo, amplía las horas de estudio y permite el acceso a las nuevas Tics; 3) incentiva el desarrollo tecnológico en los renglones económicos de la población, les permite acceder a información para mejorar sus prácticas, así como promocionar y comercializar sus productos 4) otorga un entorno más seguro, por la construcción de alumbrado público 5) estos resultados encaminan hacia lograr una equidad social y justicia territorial
- Las ZNI, son áreas geográficas que cuentan con gran cantidad de recursos renovables para la generación eléctrica, tanto hidráulica, eólica, solar o por biomasa; de estas debemos descartar la hidráulica, si bien más del 65% de la generación eléctrica de Colombia depende de esta, la infraestructura para esta es inviable económicamente para este tipo de poblaciones; dejándonos esto con tres fuentes con alta posibilidad de desarrollo para estas

zonas alejadas, la eólica y solar son dependientes de la ubicación geográfica y las condiciones ambientales, debe realizarse los estudios de factibilidad teniendo en cuenta estos aspectos, la última (biomasa) es una excelente alternativa que no depende de las condiciones climáticas y para locaciones rurales es especial por la cantidad de este material que se produce en fincas y granjas; todas estas alternativas requieren proyectos de inversión y políticas gubernamentales que los acompañen, como campañas de escolarización, tecnificación de métodos agropecuarios, capacitación en la instalación y mantenimiento de estos proyectos, políticas de seguridad, etc.

- Es posible la creación de proyectos auto sostenibles en las ZNI, y con esto nos referimos a la sostenibilidad que debe darle la comunidad a estos proyectos, pero para llegar a este nivel de autonomía de las comunidades se requiere un trabajo arduo de los gobiernos nacional y departamentales para educar a estas poblaciones en el beneficio que redunda el acceso a la electricidad; los montajes y puesta en marcha de los mismos deben tener mano de obra local, así como debe capacitárseles en la mantenimiento de los equipos de generación, debe realizarse acompañamiento en las mejoras y proyectos para la tecnificación de procesos agrícolas e incentivar el aumento y la mejora en la educación para la población infantil.
- La reducción de la pobreza y aumento del desarrollo humano en las ZNI puede lograrse a partir del acceso a energía eléctrica. El modelo desarrollado permite evaluar el impacto de la inversión en capacidad de generación sobre el índice de necesidades básicas insatisfechas, el cual es un indicador de pobreza muy utilizado en Latinoamérica. Por otra parte, a pesar de no haberse tenido en cuenta el efecto de los incentivos sobre la inversión, estos pueden favorecer aún más la reducción de la pobreza en las ZNI por la generación de excedentes en la capacidad instalada. Esto último se reflejaría en la minimización del déficit del sistema.

- Si bien el modelo nos da perspectivas a cerca del comportamiento de la demanda y consumo de energía en las ZNI, hasta no realizar un ejercicio práctico, en cuanto a la medición real de las necesidades de la población, hasta que no se le tipifique y se conozcas cuáles son las necesidades no cubiertas, no solo las de electricidad, si no de salud, educación, tecnificación de métodos de trabajo; el modelo será una aproximación a el comportamiento a la hora de la implementación de un proyecto de generación sostenible.
- Es importante hacer énfasis en que para el desarrollo de una zona en específico es muy importante el acceso a la energía eléctrica, sin embargo, no es la único necesidad insatisfechas de estas zonas, son prioritarias las intervenciones gubernamentales en temas de vías de comunicación, tanto terrestres como fluviales; acceso a educación, salud y recreación; es necesario creación de políticas en donde se vele por el bienestar social y económico de estas poblaciones.

REFERENCIAS

- Acosta, J. F., Orozco, D. T., & Quintero, G. C. (2009). ¿Ha sido efectiva la promoción de las soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia? Un análisis de la estructura institucional. *Cuadernos de Administración; Vol. 22, Núm. 38*, 219-245.
- Alberto, M. S. (1998). *Simulación Dinámica por ordenador*. Madrid: Alianza Editorial.
- Artículo 365. (1991). En E. Colombiano, *Constitución política de Colombia*.
- Baena, C. A. (2013). Proyecto de ley. *P.L por la cual se implementa la gratuidad del mínimo vital de servicio de energía*. Bogotá, Colombia: Congreso de la República .
- Baena, C. A. (2013). Proyecto de ley . *Proyecto de ley por la cual se implementa la gratuidad del mínimo vital de servicio de energía*. Bogotá, Colombia: Congreso Nacional de Colombia.
- Best, G. (1994). Energización para un desarrollo rural sostenible. *CONTRIBUCION DE LOS SISTEMAS DENDROENERGETICOS OPTIMIZADOS AL DESARROLLO RURAL, A LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y AL COMBATE DE LA DESERTIFICACION* . Roma: FAO.
- C. F., I. D., & S. H. (2007). Contribución de la energía al desarrollo de comunidades aisladas no interconectadas: un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenible en el suroccidente Colombiano. *Revista Universidad Nacional*.
- Castro, L. E. (2002-2006). Proyecto de ley . *Proyecto de ley “por el cual se definen las zonas no interconectadas”*. Colombia: Cámara de representantes de Colombia.
- Ceballos, Y. F. (2014). Tesis . *Efectos de la disponibilidad y consumo de la energía en la dinámica del desarrollo en zonas aisladas* . Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- CREC. (2016). Obtenido de Zonas no interconectadas:
<http://www.creg.gov.co/index.php/sectores/energia/zni-energia>
- Departamento Nacional de Planeacion Dirección de Desarrollo Social . (2005). Cartilla # 5.
Proyecto Vision Colombia 2019: Cerrar las brechas sociales. Bogotá, Colombia: DNP.
- EPM. (2016). Obtenido de Generacion de energia electrica:
[/www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Energ%C3%ADa/Generaci%C3%B3ndeenerg%C3%ADa.aspx](http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Energ%C3%ADa/Generaci%C3%B3ndeenerg%C3%ADa.aspx)
- EPM. (2016). Obtenido de Comercializacion de energia:
[/www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Energ%C3%ADa/Generaci%C3%B3ndeenerg%C3%ADa.aspx](http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Energ%C3%ADa/Generaci%C3%B3ndeenerg%C3%ADa.aspx)
- Gomez, N. E. (2011). Trabajo de grado. *Energizacion de zonas no interconectadas a partir de las energias renovables solar y eólica*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gomez, N. E. (2011). Trabajo de grado . *Energizacion de las zonas no interconectadas a partir de las energias renovables solar y eolica*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- González, J. B., A. S., & Aponte, K. T. (2014). Zonas no interconectadas eléctricamente en Colombia:Problemas y Perspectiva. *FNC Econografos*, 13-18.
- IPSE. (Octubre de 2013). *ipse.gov.co*. Obtenido de
http://ipse.gov.co/pages/ipse/Presentacion_IPSE_Octubre%202013.pdf
- IPSE. (2016). *Instituto de planificacion y promocion de soluciones energeticas para las zonas no interconectadas*. Obtenido de <http://www.ipse.gov.co/ipse/informacion-institucional/ipse>
- Ministerio de minas y energia. (2016). *Minminas*. Obtenido de <http://www.minminas.gov.co/fazni>
- Ministerio de salud y proteccion social- dirección de epidemiología y demografía. (2013). *Análisis de situación de salud según regiones Colombia*. Bogotá: MinSalud.

twenergy. (2016). Obtenido de energia electrica: <http://twenergy.com/energia/energia-electrica>

twenergy. (2016). Obtenido de Como se genera la electricidad: <http://twenergy.com/a/como-se-genera-la-electricidad-666>

UPME. (2006). *Atlas del viento y energía eólica de Colombia*. UPME.