

REDES INTELIGENTES EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE  
COLOMBIA

SIMON PAREDES RIVERA

JUAN PABLO CASTRO RESTREPO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE ECONOMIA, ADMINISTRACION, CONTADURIA Y AFINES

PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS

MEDELLIN

2023

REDES INTELIGENTES EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA

SIMON PAREDES RIVERA

JUAN PABLO CASTRO RESTREPO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ADMINISTRADOR DE  
EMPRESAS

ASESOR

ANA MARIA VELEZ EVANS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE ECONOMIA, ADMINISTRACION, CONTADURIA Y AFINES

PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS

MEDELLIN

2023

**Noviembre 01 del 2023**

SIMON PAREDES RIVERA

JUAN PABLO CASTRO RESTREPO

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma \*



\*

Simón Paredes Rivera.

---

## Contenido

RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	11
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. Objetivo general: .....	11
3.2. Objetivos específicos:.....	11
4. JUSTIFICACIÓN.....	12
5. MARCO TEÓRICO .....	14
5.1. Smart grids.....	14
5.2. ZNI en Colombia .....	15
5.3. Antecedentes a nivel Internacional.....	19
5.4. Microred Inteligente en Universidad Pontificia Bolivariana.....	22
6. DISEÑO METODOLÓGICO .....	25
7. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS .....	31
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	31
8.1 Zonas interconectadas en Colombia.....	32
8.2 barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.....	43
8.3 Estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.....	53
9. DISCUSIÓN.....	61

9.01 Aspectos relevantes .....	61
9.2 Revisión de la literatura.....	64
9.03 Recomendaciones .....	65
10 CONCLUSIONES.....	66
11. REFERENCIAS .....	68

#### Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Densidad de interconexión departamental.....	17
Ilustración 2 Porcentaje necesidades básicas insatisfechas por departamento .....	18
Ilustración 3 Cronograma .....	31
Ilustración 4 Presupuesto.....	31
.Ilustración 5 Zonas no interconectadas por departamento .....	33
Ilustración 6 Localidades Colombia .....	35
Ilustración 7 Aspectos valorados por la comunidad.....	39
Ilustración 8. Tasa de desocupación por regiones. ....	40
Ilustración 9 Pasos para crear una Smart Grid.....	49
Ilustración 10 Proyecciones gubernamentales para ZNI .....	56

## RESUMEN

El desarrollo de Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia está más que olvidado por parte de sectores gubernamentales del país, por lo tanto, en la siguiente investigación se realizó un estudio exploratorio el cual pretende explicar que son las ZNI, donde están ubicadas estas zonas, que dificultades se encuentran allí y de qué manera viven estas comunidades. Además de esto, a través del desarrollo de la investigación se ~~quiere~~ integrar las Smart Grids (redes inteligentes) en las ZNI por lo cual se explica su definición, su funcionamiento, antecedentes que tienen en otros países y sus beneficios, lo que se busca con el trabajo es interpretar de qué manera se pueden implementar las Smart Grid en las ZNI, los beneficios que estas podrían llevar a las zonas más alejadas de Colombia, de qué manera pueden aportar a las comunidades en ámbitos educativos, tecnológicos, económicos y servicios básicos, pero también se mencionan las barreras que impiden hasta el momento la aplicación de redes inteligentes en zonas no interconectadas al servicio eléctrico nacional. Basándose en el estudio realizado, se diseñaron algunas estrategias que el gobierno colombiano puede implementar para incluir las ZNI en sus planes de desarrollo nacionales a través de redes inteligente y de esta manera buscar un desarrollo social que incluya a toda la población colombiana.

El principal hallazgo de la investigación fue hallar las barreras que impiden implementar redes inteligentes en zonas no interconectadas de Colombia las cuales están en los apartados realizados, además de saber cómo es el funcionamiento de las Smart grid y que estrategias el gobierno de Colombia puede implementar para crear redes inteligentes en zonas alejadas. Y

como conclusión se tiene que las Smart grid son un gran sistema eléctrico que debe ser pensado desde el ahora para implementarse de cara a un futuro en cualquier lugar de la nación ya que este permite una distribución regulada, equitativa, generación alta de energía y sostenible.

***PALABRAS CLAVES:*** *Energía, Desarrollo, Ambiental, Territorio.*

## INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación desea analizar las causas de la falta de conectividad al sistema eléctrico en Colombia en ciertas zonas y reconocer el impacto social que generaría la implementación de redes inteligentes en estas comunidades, a través de un diseño metodológico documental ya que este permite realizar análisis de información de documentos ya existentes respecto al tema. Para llevar poder encontrar los hallazgos a los que se quisieron llegar se utilizaron tres apartados principales con sus respectivos objetivos específicos, el primero de estos fue saber realmente que eran zonas interconectadas en Colombia para luego poder distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía eléctrica en zonas no interconectadas, como segundo apartado se logró identificar los beneficios de la implementación de redes inteligentes en zonas no interconectadas de Colombia y a su vez aquellas barreras que impiden la implementación de estas mismas redes inteligentes en estas comunidades, como tercer y último apartado se pudo hallar aquellas problemáticas de implementar redes inteligentes no conectadas al sistema de interconectado nacional para determinar algunas estrategias que el gobierno puede implementar para incluir un nuevo sistema eléctrico basado en redes inteligentes en zonas no interconectadas.

Tomando estos tres aspectos específicos recién mencionados se puede concluir que la investigación cobró importancia buscando la finalidad de contribuir al bienestar de estas comunidades, como también aportar al desarrollo territorial por medio de un mecanismo eléctrico novedoso en capacidad de ser sostenible y capaz de derribar aquellas barreras que impiden la implementación de redes inteligentes en zonas alejadas de Colombia.



## **1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Como tema principal de la investigación está el Smart Grid, la cual se basa en una red inteligente que está diseñada para gestionar de manera eficiente la electricidad esta permite una respuesta inmediata, asegurando un sistema energético de mayor calidad, aumentando el nivel de seguridad, fiabilidad y de calidad del servicio, esta facilita conocer el consumo y la tarifa aplicada en tiempo real. También podemos decir que esta cuenta con la tecnología digital necesaria y el equipamiento más innovador para poder hacer efectiva la comunicación entre la instalación y el consumidor.

Esta red inteligente es capaz de monitorizar, vigilar el consumo y medir el comportamiento eléctrico de cada uno de los aparatos que están conectados a la red, todo su sistema está automatizado por lo cual es capaz de reaccionar automáticamente a las variaciones de la producción de energía y a las variaciones de la demanda, otros beneficios con los que cuenta la aplicación de Smart Grid es que su uso y su distribución es eficiente, es decir, que no hay energía generada que no se aproveche, también cuenta con medidores y controladores inteligentes que están en un monitoreo constante que podrían ayudar a medir los picos de energía de la demanda y como último beneficio es que los Smart Grid son amigables con el medio ambiente por lo tanto ayudan a disminuir las emisiones de las energías no renovables.

El contexto en el que se quiere enfocar es en la aplicación de las redes inteligentes en las zonas no interconectadas de Colombia, debido a que una gran cantidad de comunidades rurales en Colombia no cuentan con energía eléctrica, estas comunidades se encuentran una situación vulnerable, debido a que no están en los ojos del Gobierno Nacional para el

desarrollo de proyectos que permitan el suministro de servicio básico como lo es la energía eléctrica, por lo tanto, no existe un gran desarrollo económico en la regiones de estas comunidades. En palabras de Vivas, J ( 2021).

El mapa de 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en Colombia. El Tiempo. Nos dice que el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), encontró que hay 1.710 localidades rurales en Colombia en donde se calcula que 128.587 personas solo acceden al servicio entre cuatro y doce horas al día. Los departamentos que encabezan la lista con más poblados no interconectados a una red eléctrica son Nariño, con 600; Chocó, con 509; Cauca, con 189, y el Valle del Cauca, con 81.

Haciendo un análisis previo y sencillo luego de expresar estas cifras se puede decir que la implementación de redes inteligentes en ZNI (Zonas no interconectadas) de Colombia podría generar gran cantidad de oportunidades para estas comunidades porque agregan valor en el desarrollo de sus poblaciones y regiones, también se genera mucha más eficiencia en los sistemas energéticos que la demanda requiere debido a que los procesos son más eficientes, limpios, y de mínimo impacto ambiental, también el país podría ser más competitivo a nivel mundial ya que se necesita una infraestructura avanzada para implementar las Smart Grid lo cual generaría un desarrollo importante y necesario, y así mismo alcanzando un suministro confiable y eficiente de la energía.

Como propósito de la investigación se busca identificar qué tipos de barreras impiden que las redes inteligentes sean aplicadas en comunidades que no tienen acceso a una red eléctrica, esta investigación tendrá como finalidad ayudar a entender porque hay todavía una

gran cantidad de personas que no cuentan con energía, de qué manera las redes inteligentes pueden suplir este tipo de demanda, y por último investigar, analizar y determinar estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas de Colombia.

## **2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué barreras impiden la implementación de Smart Grid en las zonas no interconectadas de Colombia?

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo general:**

Analizar las causas de la falta de conectividad al sistema eléctrico en Colombia en ciertas zonas y reconocer el impacto social que generaría la implementación de redes inteligentes en estas comunidades.

### **3.2. Objetivos específicos:**

- Distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía en zonas no interconectadas.
- Identificar las barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia

- Determinar de qué manera se pueden beneficiar las comunidades no interconectadas de Colombia con la implementación de Smart Grid.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

El propósito de la investigación es encontrar cuáles son esas barreras que impiden y esos beneficios que traería la implementación de redes inteligentes en zonas aisladas que no cuentan con un acceso a la energía, las principales razones por las que las redes inteligentes son una de las mejores opciones es porque esta tiene objetivos comunes en su implementación como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, renovar estructuras envejecidas y reducir las pérdidas de energía en la red de transmisión y distribución, esto favorece demasiado al trato del medio ambiente porque permite la integración de energías renovables, esto ayudaría a mitigar el impacto ambiental causado por el sistema eléctrico por lo cual su aplicación sería la más recomendable para obtener una operación más eficiente del sistema.

Por otro lado la actualidad del sistema eléctrico colombiano cuenta con unas debilidades técnicas y de infraestructura que no podrían ser adecuadas para el desarrollo de redes inteligentes, pero la aplicación de estas traería beneficios y avances para los usuarios ya que por medio de las redes inteligentes tendrán unos medidores de consumo (contadores inteligentes) que les permitirá tomar decisiones racionales, guiados en las tarifas que varían dependiendo del comportamiento de la demanda del mercado a lo largo del día; permitiendo una reducción del consumo en horas pico donde la energía es más costosa y de aprovechamiento en horas con poco movimiento. Lo anterior, se traduce en un mercado más eficiente, donde los consumidores son participantes activos, que se comportan de manera

racional y hacen que la demanda de consumo tienda a aplanarse y no presente fluctuaciones tan fuertes. Otro de los beneficios sería la reducción de pérdida de energía y nivel ambiental un gran beneficio es que la implementación de estas redes reduce la contaminación producida por la quema de hidrocarburos, esta investigación ayudará a interpretar y entender un poco más a personas académicas aquellos beneficios que tendrían las ZNI al aplicar redes inteligentes y de qué manera estas contribuirán al desarrollo de estas comunidades.

La investigación clarifica aquellos impactos que genera la implementación de redes inteligentes en comunidades que no cuentan con un sistema eléctrico rentable, por lo tanto, sería una buena opción adoptar este tipo de estrategias, que, aunque sean difíciles de aplicar ayudarían a impulsar un desarrollo en comunidades que no han podido explotar todo su potencial sea desde lo económico, académico, infraestructural o cualquier otro contexto en el que la falta de energía influya.

La relación de las redes inteligentes con la administración de empresas podríamos decir que está en el beneficio económico, infraestructural y de la industria energética que la aplicación de estas RI podrían traer al sistema energético colombiano, y por medio de la administración podríamos generar una distribución equitativa y necesaria para la población, también se buscaría una optimización en costos de comercialización y mantenimiento de infraestructuras, y por último buscaremos una maximización total en el uso de energía que sea generada.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Smart grids

El interés que como administradores en formación se tiene por el tema, es comprender desde diversos puntos de vista las ventajas y desventajas de implementar las Smart grid (energías renovables) desde cuestionamientos como: ¿Dónde surgieron las Smart grid? ¿Cómo surgieron? ¿En qué país se utilizan? ¿Su creador? ¿En el año que se fundaron ?

Que aportaran a la investigación bases importantes para comprender el fenómeno y desde sustentos teóricos dar respuesta a las dudas generadas para dar paso a la pregunta que nos convoca en esta investigación, es decir ¿Qué consecuencias traería la implementación de las Smart grid a las zonas interconectadas de Colombia? ¿Qué beneficios trae estas Smart grid para estas zonas?

Para una mejor ampliación del contexto de las Smart Grids se mencionan algunas definiciones de instituciones y autores:

Según el Estudio de la situación actual de las Smart Grid (Cabeza López-Vázquez, 2016, pp. 20) explica que una Red Inteligente es:

“Un esquema que combina diversas tecnologías, concretamente las que están vinculadas a la comunicación y el control, que transforman dicha red eléctrica en un modelo distribuido, aumentando su nivel de confianza, disponibilidad y reduciendo el costo de la energía”. En el documento Smart Grids Colombia 2030, se citan otras definiciones de instituciones importantes que se destacan en el sector eléctrico, como Electric Power

Research Institute (EPRI) y el Smart Grid European Technology Platform (ETP SG) que definen las Redes inteligentes así:

EPRI (Electric Power Research Institute) define Smart Grid Como:

“Una red que incorpora las tecnologías de la información y comunicación en cada aspecto de la generación, suministro y consumo de electricidad, con el objetivo de minimizar el impacto medioambiental, mejorar los mercados, mejorar la fiabilidad y el servicio, reducir costos y aumentar la eficiencia” Electric Power Research Institute, (2016).

ETP SG (Smart Grid European Technology Platform) define la red inteligente como:

“Una red que integra de forma inteligente las acciones de todos los usuarios conectados a ella –generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas para suministrar electricidad de forma eficiente, sostenible, económica y segura” Smart Grid European Technology Platform, (2016).

También, el término “Redes Inteligentes” es una manera comercial para identificar el servicio ofrecido por las diferentes compañías eléctricas, y es por esto que no se ha concebido una referencia técnica (Comisión Electrotécnica Internacional, 2010, citado por El-hawary 2014).

## **5.2. ZNI en Colombia**

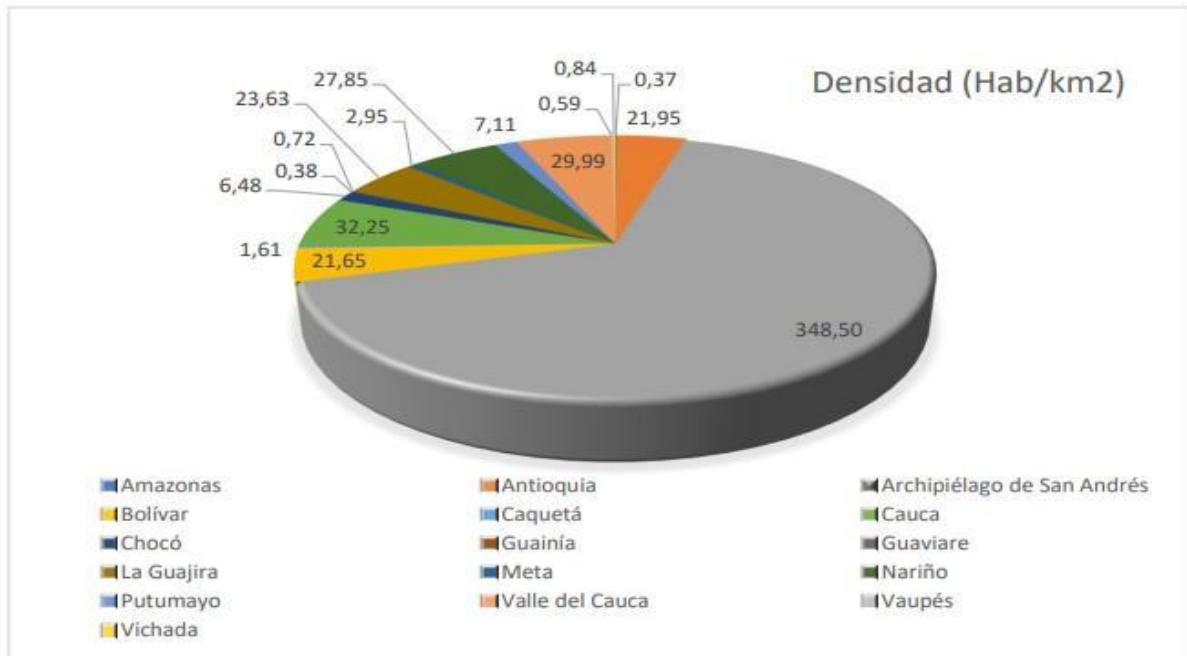
Cuando se habla se ZNI se refiere a esas áreas geográficas que no se encuentran acopladas eléctricamente al Sistema Interconectado Nacional (SIN), es decir, no tienen acceso al servicio de energía eléctrica a través de un sistema interconectado, pero cuentan

con soluciones locales de generación. La densidad poblacional de estas es baja y el lugar donde están ubicadas estas comunidades no favorecen a la logística para una fácil atención del servicio eléctrico, con altos costos unitarios de inversión y operación; esto se dificulta debido a la deficiente, y en algunos lugares inexistente, infraestructura de movilización y transporte, agravada por las condiciones políticas y socioeconómicas de las regiones, por esta misma razón las ZNI han sido objeto de constantes proyectos para promover su desarrollo y mejorar la calidad de vida de los habitantes ubicados en ellas. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en su informe “Zonas No Interconectadas - ZNI” (2017).

Según el “Informe sectorial de la prestación del servicio de energía eléctrica 2021, Zonas no Interconectadas - ZNI” Superintendencia delegada para Energía y Gas Dirección técnica de Gestión de Energía.(2021). Nos muestra la densidad poblacional que hay en cada una de las ZNI del país lo que podremos ver reflejado en la ilustración 1, la densidad poblacional de estas zonas es baja por lo tanto se generan dificultades a la articulación de estas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, por ejemplo departamentos como Vichada, Vaupés, Guaviare, Amazonas y Guainía, tienen una densidad demográfica inferior a 1 habitante por km<sup>2</sup>, lo que hace que los proyectos de interconexión diseñados al SIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional) no sean viables ni de manera técnica, ni económica, y a esto se le suma los potenciales costos ambientales que ello generaría. Esto genera que el Estado deba tomar alternativas de suministro de energía eléctrica bajo fuentes no convencionales de Energía Renovable acordes con dichas condiciones y ecológicamente más amigables por la extrema sensibilidad de los ecosistemas de la ZNI.



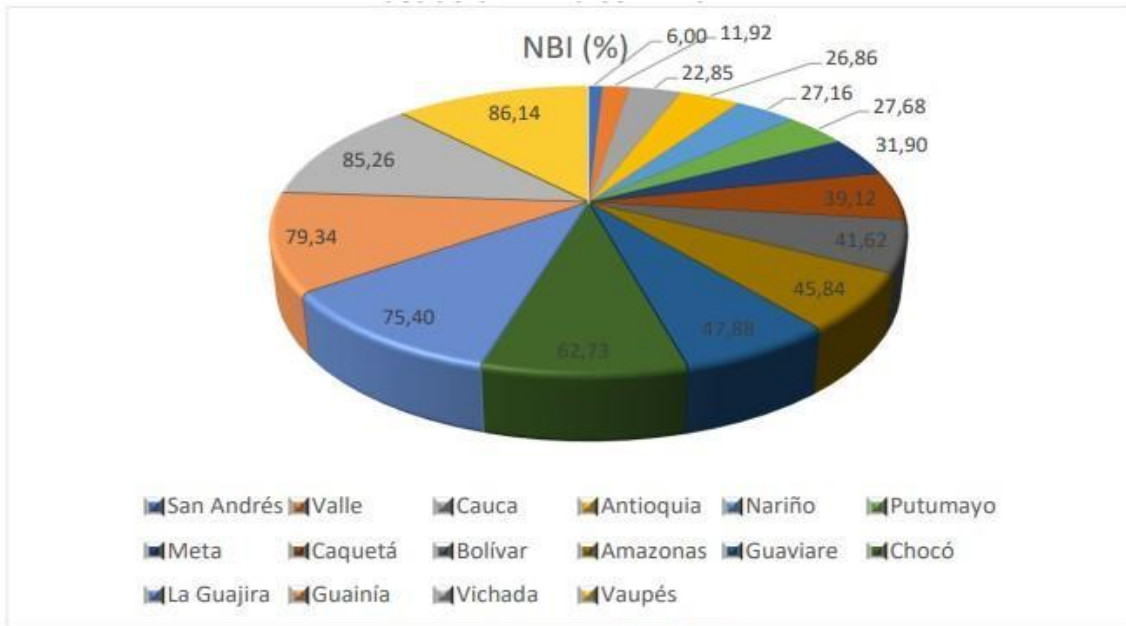
Ilustración 1 Densidad de interconexión departamental



Fuente: Proyecciones población departamental por área 2020- DANE noviembre 2021

Al mismo tiempo estos departamentos con ZNI están acorralados por la pobreza, por lo tanto hay un índice el cual nos ayuda a medir este fenómeno que es el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), la medición de este es realizada bajo la información que nos brinda el Departamento Nacional de Estadística (DANE), según los niveles de este índice podemos entender un poco más porque estas comunidades no están en capacidad de cubrir los gastos para obtener electricidad en sus viviendas y analizar un poco sobre las condiciones en las que viven estas personas. Observemos la ilustración 2 que nos brinda el DANE gracias a un censo de NBI (2018), allí logramos observar que la mayor proporción de habitantes de las ZNI sin cobertura de sus necesidades básicas se encuentran en los departamentos de Vaupés, Vichada, Guainía, la Guajira y Chocó, donde el índice de NBI supera el 50%.

Ilustración 2 Porcentaje necesidades básicas insatisfechas por departamento



Fuente: NBI Censo 2018 DANE

Al tener un contexto de las condiciones en las que viven este tipo de comunidades sin un acceso completo al sistema eléctrico debido a que en algunas varía según su localidad, por ejemplo en algunos casos el servicio se presta con disponibilidad ininterrumpida, en otros tan sólo unas horas al día y en algunos no hay servicio, también estas zonas cuentan sin un apoyo por parte del Estado debido a que sus regiones no están en el ojo de proyectos de desarrollo que los impulsen a mejorar su calidad de vida, y un desarrollo infraestructural y sistemático casi nulo que no favorece al crecimiento poblacional en materia de educación, producción, tecnología, entre otros. A pesar de que estos condicionamientos existen para la fabricación de energía en estas zonas alejadas, según la Comisión de Regulación de Energía y Gas, “Propuesta para remunerar la generación, distribución y comercialización de Energía Eléctrica en las ZNI” (2014).

Nos dice que la actividad de generación consiste en producir energía eléctrica a partir de cualquier tipo de fuente, bien sea renovable, no renovable o híbrida. Dentro del primer grupo se destaca la generación hídrica, fotovoltaica, eólica, biomasa, geotérmica, entre otras. El segundo grupo contempla la generación con diésel, fuel oíl y gas licuado de petróleo GLP. Así que cualquiera de estas opciones podría ser aplicada en estas ZNI y así por medio de proyectos concretos adaptarlos dependiendo de las características de cada zona para contribuir con la viabilidad, sostenibilidad y beneficios resultantes de las energías renovables en estas comunidades.

### **5.3. Antecedentes a nivel Internacional**

Alrededor del mundo ya se pueden encontrar países en donde se han creado proyectos para modificar su sistema eléctrico por redes inteligentes en alguna ciudad o en algún lugar de aquella, pero aun así esto contribuye a su desarrollo interno y genera un ámbito ambiental mucho más amigable. Según la investigación realizada por Grupo Técnico Proyecto BID, en su documento “Smart Grids Colombia visión 2030” (2016), nos mencionan en donde se sitúan los principales desarrollos de redes inteligentes que están en Australia, Canadá, Europa, Brasil, Estados Unidos, China, Japón y Corea del Sur. También nos dice que estos países tienen en común una serie de objetivos políticos a nivel nacional, basados en la seguridad del suministro eléctrico y el crecimiento económico mediante tecnologías bajas en carbono, para lo cual las redes inteligentes se sitúan como un desarrollo fundamental.

En lo que sigue se hará una breve descripción sobre la manera en que las redes inteligentes se han aplicado en estos países mencionados, empezando por Estados Unidos este

ha comenzado a desarrollar diferentes estrategias basadas en las Smart Grids debido a necesidades que tendrá que solucionar en algún momento esto puede ser como el impacto ambiental relacionado con la generación eléctrica, también está la necesidad de tener una mayor variedad de fuentes de generación, el almacenamiento de energía, entre otros. Para empezar a suplir estas necesidades esta región ha estado realizando infraestructura avanzada de medición (AMI), tecnologías avanzadas en el consumidor, tecnologías de comunicación y control en la red, y seguridad cibernética entre dispositivos y sistemas. Por último, los desarrollos más importantes en este contexto han sido en las redes inteligentes del pacifico (Pacific Northwest Smart Grid Demonstration Project), Texas (Smart Texas) y Houston (Houston's Smart Grid). (BID 2016).

Por el lado de Europa el desarrollo de redes inteligentes está basado en los objetivos marcados por la Unión Europea que buscan una eficiencia energética, la reducción de emisiones y la integración de energía renovables, la mayoría de países que hacen parte de la Unión Europea pasan por distintas situaciones pero se han realizado esfuerzos significativos para desarrollar redes inteligentes en la totalidad de ellos, recientemente se desarrolló una arquitectura de referencia para redes inteligentes en toda Europa que pretende integrar nuevas aplicaciones y tecnologías para obtener una mayor capacidad de gestión, una red más segura, fiable y eficiente que tenga en cuenta todos los usuarios y operadores del sistema eléctrico. “Smart Grids Colombia: Visión 2030” (2016).

Por otro lado, debemos hablar de la gran economía surcoreana, la cual diseña sus estrategias en base a la creación de tecnologías innovadoras que estén en línea con el

desarrollo sostenible, esto ha causado que se convierta en un líder mundial en tecnología y mercados energéticos que la ha llevado a ser el país líder en redes inteligentes que fue designado en el Foro de las Principales Economías para la Energía y el clima de 2009. Si hablamos de otro de los países orientales que está activo con el tema de redes inteligentes es Japón, este país es el líder mundial de realizar inversiones en redes inteligentes de las cuales han surgido numerosos proyectos en los que se han promovido la introducción de vehículos eléctricos y energías renovables, y el gobierno japonés ha implementado medidas que incluyen la instalación masiva de contenedores inteligentes para gestionar la demanda de electricidad.

En la región Latino Americana se destaca Brasil como el único en realizar proyectos que incluyan el desarrollo de redes inteligentes, esto es debido a que en esta región era necesario expandir y modernizar su sistema eléctrico, esto ha evidenciado grandes barreras financieras y legislativas, pero aun así se han realizado proyectos piloto como la red inteligente de Sao Paulo o el sistema de medición inteligente en Fortaleza. (GRID+, 2014).

En Australia se han llevado a cabo iniciativas para incentivar a su población a la inversión en redes inteligentes las cuales se encuentran en un estado temprano. Y por último tenemos a Canadá el cual fue uno de los países pioneros en instalar tecnología de redes inteligentes, principalmente esto fue rechazado por un lado de la población, pero con el paso del tiempo estas han incrementado su avance y su desarrollo lo cual ha llevado a que la mayoría de los canadienses actualmente estén en beneficio de estas gracias a acciones educativas y prácticamente la mitad de las casas allí cuentan con un contador inteligente de electricidad. (BID, 2016).

#### **5.4. Microred Inteligente en Universidad Pontificia Bolivariana**

Uno de los antecedentes que podemos incluir dentro de esta investigación el diseño de una Micro Red Inteligente en la Universidad Pontificia Bolivariana, está integrada 10 subsistemas gestionados centralmente. Este desarrollo fue realizado por Idi Amín Isaac M. y Gabriel Jaime López J., integrantes del grupo de investigación en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (T y D).

El artículo realizado por Margarita M. Llano G. “Micro Red Inteligente: una ciudad eficiente, en miniatura” (2015), nos ayudará entender que es una micro red, nos mencionara los 10 subsistemas que integran la micro red upb que es considerada como una solución energética para pequeñas comunidades y algunas de sus ventajas.

Una Micro-Red es un sistema de interconexión con capacidad de autoabastecerse y operar de forma aislada si es necesario. Incluye tanto la generación, como el almacenamiento y el transporte eléctrico, además de los equipos para optimizar la gestión inteligente de la energía, por parte del usuario final (alumbrado público, automatización de edificaciones, entre otros). La micro red realizada en la upb está caracterizada por integrar energías renovables no convencionales (ERNC), operar de manera inteligente el almacenamiento y uso final, evaluar el impacto de los vehículos eléctricos para mejorar la movilidad, adaptar las telecomunicaciones y la sensoria al entorno cotidiano, y ofrecer una solución energética escalable para la ciudad y el país. Esta micro red integrada por 10 subsistemas servirá para implementarse en comunidades pequeñas que no cuenten con acceso a la energía, los 10 subsistemas integrados son:

- Sistema solar fotovoltaico de 5 kW: La energía que genera el sistema durante un año, equivale a alimentar diariamente 3 familias de 4 personas durante el mismo periodo de tiempo.
- Sistema solar fotovoltaico de 25 kW: La energía generada durante 6 meses, puede alimentar hasta 6 familias de 4 personas diariamente, durante el mismo periodo de tiempo.
- Estación de carga de vehículos eléctricos: Carga dos vehículos al tiempo.
- Biodigestor de 150 l: Con agitación, filtros para el biogás y un recipiente de almacenamiento expandible. Genera 1.2 kWh diarios. Prototipo experimental escalable.
- Estación meteorológica: Es preciso evaluar el recurso de la zona (velocidad del viento, temperatura, radiación solar, etc.) antes de diseñar un sistema de generación con Energías Renovables No Convencionales (ERNC).
- Iluminación Led: De alta eficiencia. Vida útil de 50.000 horas. Consumen cerca de 40% menos energía que la iluminación convencional.
- Para cada subestación y subsistema: Medición inteligente.
- Estación de carga (en desarrollo): Bicicletas eléctricas
- Autónomo para pequeñas comunidades (en desarrollo): Nano red.

Este sistema eléctrico ya no se trata de una enorme central, como las que conocemos, sino de una red que convierte el entorno en el que funciona, en una ciudad inteligente en

miniatura. En estos momentos la Universidad Pontificia Bolivariana posee la Micro-Red inteligente de mayor tamaño y capacidad del país, con 10 subsistemas integrados: tres generadores solares en techos de edificios del campus; tres estaciones meteorológicas para evaluar la disponibilidad del recurso solar y eólico, y medición de radiación solar, temperatura y velocidad del viento, entre otras variables; sistema automático para control de temperatura e iluminación en un edificio; un biodigestor que procesa residuos orgánicos, producto de los restaurantes de la Universidad y de la poda de árboles, con el objetivo de obtener gas metano para cocción, o como fuente de energía para producir electricidad. El residuo de este proceso se convierte en abono orgánico; un circuito de alumbrado público LED; una estación de carga para vehículos eléctricos; y el centro de control que temporalmente permite visualizar las variables de cada subsistema.

Por último, además de todo lo mencionado, Margarita M. Llano G. “Micro Red Inteligente: una ciudad eficiente, en miniatura” (2015), nos deja algunas ventajas, desde lo operativo hay más facilidad de control, suministro ininterrumpido de potencia, reducción de congestión en alimentadores y reducción de pérdidas, en el ámbito de la calidad hay mejor calidad de potencia, hay mejor balance generación-carga y soporte local de tensión. En lo relacionado con el mercado, habría reducción de costos y agilizaría la construcción de infraestructura de generación y transmisión, y desde lo ambiental hay considerable reducción de emisiones y menor consumo de combustibles, además de no necesitar grandes extensiones de terreno.



## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación que se ejecuto fue de tipo exploratoria debido a que esta nos brindó la oportunidad de llevar a cabo el estudio mucho más completo dentro de un contexto particular, en este caso un sistema energético basado en energías no convencionales, además de esto, nos centramos en la búsqueda y exploración de documentos en las diversas bases de datos y libros relacionados con el tema.

El enfoque que se le dio a la investigación es cualitativo porque permite tener un acercamiento profundo a los fenómenos que generaría la implementación de redes inteligentes en zonas no interconectadas, y nos ayudó a interpretar aquellas barreras que impiden un buen funcionamiento del sistema eléctrico en las zonas más alejadas del país.

Los instrumentos de recolección y análisis de la información se realizaron con las fuentes de base de datos, libros, catálogos de biblioteca y revistas.

<b>Estructura análisis de resultados/ Diseño metodológico</b>	
<b>Título Investigación</b>	Redes inteligentes en zonas no interconectadas de Colombia
<b>Pregunta de Investigación</b>	¿Qué barreras impiden la implementación de Smart Grid en las zonas no interconectadas de Colombia?

<b>Objetivo General</b>	<p>Analizar las causas de la falta de conectividad al sistema eléctrico en Colombia en ciertas zonas y reconocer el impacto social que generaría la implementación de redes inteligentes en estas comunidades.</p>		
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía en zonas no interconectadas.</li> <li>● Identificar las barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.</li> <li>● Determinar de qué manera se pueden beneficiar las comunidades no interconectadas de Colombia con la implementación de Smart Grid.</li> <li>● Determinar estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia. Agregar este objetivo arriba en el planteamiento del problema. Se los agregue porque falta alcance.</li> </ul>		
<b>Análisis de resultados</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Contenido</b>	<b>Instrumentos de inversión</b>

<b>Apartado 1. Zonas interconectadas en Colombia</b>	Objetivo específico 1. Distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía en zonas no interconectadas.	Iniciar con un párrafo introductorio sobre zonas no interconectadas	
		Concepto de servicio de energía	
		Importancia de contar con un servicio de energía para las personas, comunidades y empresas de una región.	
		Definición de zonas no interconectadas	Análisis narrativo
		Mencionar aquellas zonas que no están conectadas al sistema eléctrico en Colombia	Gráfico de área
		Factores directos e indirectos que impiden la interconexión de zonas	Análisis narrativo
		Determinar las implicaciones para las personas, comunidades y empresas de estar en una zona no interconectada.	
		Cómo funciona la electricidad en zonas no interconectadas	Mapas mentales.
		Mencionar los encargados de abastecer de energía a zonas alejadas	Gráfico de barras

<b>Análisis de resultados</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Contenido</b>	<b>Instrumentos de investigación</b>
<b>Apartado 2. Beneficios de la implementación de energías inteligentes en las zonas no interconectadas</b>	Objetivo específico 2 Identificar las barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas	Concepto de Smart Grid	
		Mencionar cómo funcionan las Smart Grids	Análisis narrativo
		Pasos para crear una Smart Grid	Vista circular
		Aspectos positivos que tienen las Smart grid al ser implementadas en zonas no conectadas para las personas, comunidad y empresas	Análisis narrativo - Tabla
		Evidenciar como van a implementarse las Smart grid a las zonas no interconectadas de Colombia	Análisis narrativo
Que impide la implementación de las Smart grid	Análisis narrativo		

	as en Colombia.	Cuánto cuesta la instalación de estas redes	Tablas de texto
		Que zonas pueden salir afectadas con la implementación de las Smart grid	Gráfico de área

<b>Análisis de resultados</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Contenido</b>	<b>Instrumentos de investigación</b>
<b>Apartado 3.</b>	Objetivo específico 3.	Iniciar con un párrafo introductorio sobre Redes inteligentes	
		Que tal el desarrollo de zonas no interconectadas para la fácil implementación de redes inteligentes	Análisis narrativo
		Dificultades territoriales de ZNI	Línea de tiempo

<b>Problemáticas de implementar redes inteligentes en ZNI de Colombia</b>	Determinar estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.	Proyecciones gubernamentales para estas zonas	Análisis narrativo
		Concluir con barreras que impiden el desarrollo de redes inteligente en ZNI	Matriz
		Definir las estrategias que deben desarrollar el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.	
		Definir los recursos que debe tener una empresa para realizar las estrategias antes propuestas.	



## 8.1 Zonas interconectadas en Colombia

Las Zonas no Interconectadas están definidas en Colombia por el Artículo 11 de la Ley 143 de 1994 y delimitadas y categorizadas por la resolución 18 2138 de la CREG en 2007, como las zonas “donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional” (p.4), caracterizadas por la gran distancia hasta los principales centros urbanos, una muy baja densidad poblacional, en donde la accidentada geografía, la diversidad de climas y la espesa selva tropical, para el caso del Amazonas, la Orinoquía y la región del Pacífico, genera dificultades en la instalación de infraestructura. Para entender claramente que son las zonas no interconectadas (ZNI) se tiene otra definición del grupo de investigación qué semillero de investigación Barión (2020. p,17) “Áreas geográficas donde no se presta el servicio público de electricidad a través del SIN. Se caracterizan por presentar una baja densidad poblacional, una ubicación lejana de los centros urbanos, dificultad en el acceso y una gran riqueza de recursos naturales”.

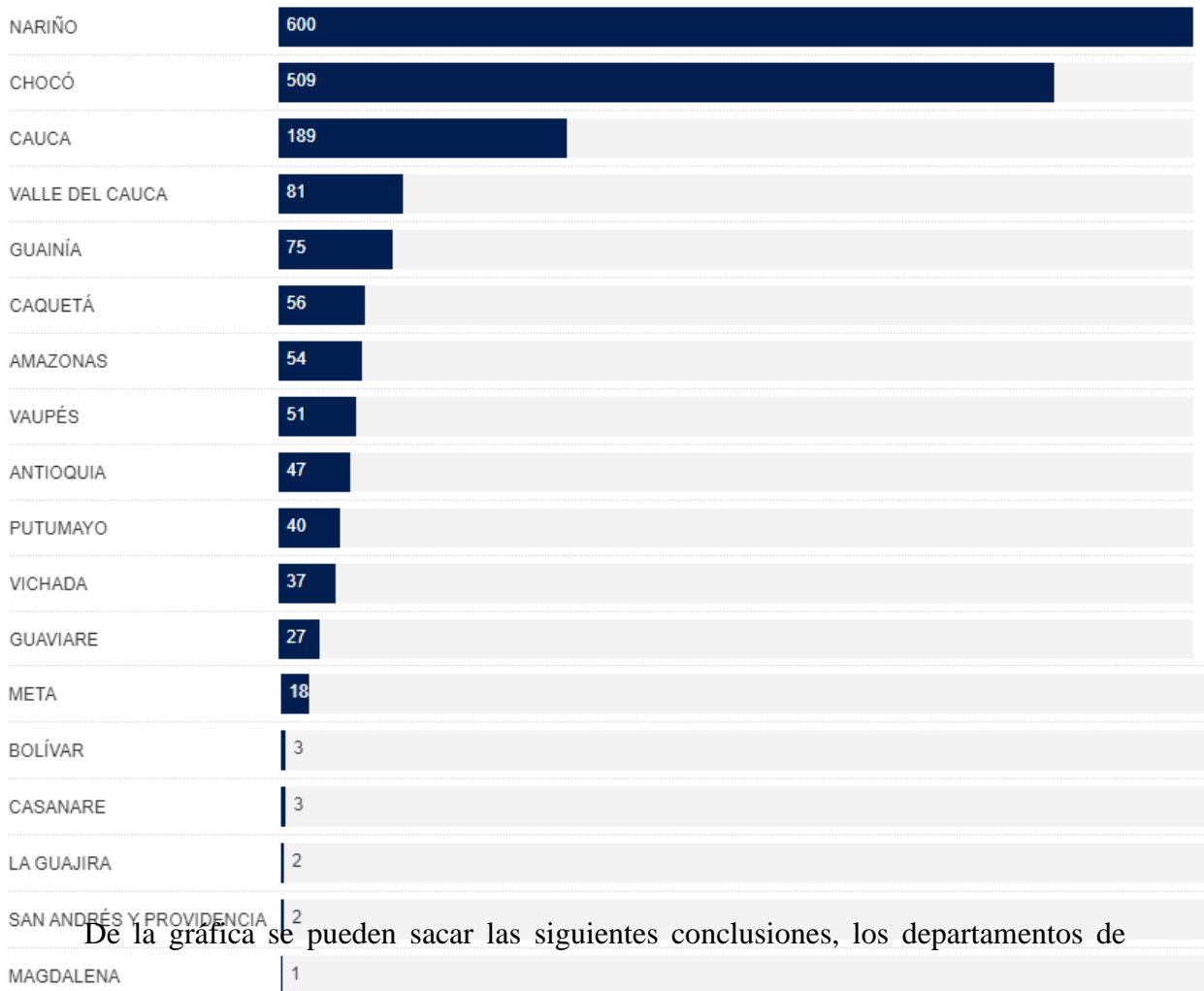
Si hablamos de ZNI en Colombia estas comprenden alrededor del 66% del territorio nacional incluyen 17 departamentos, 5 capitales departamentales, 54 cabeceras municipales y 1.262 localidades (IPSE. agosto, 2010). Estas ZNI requieren alternativas de energización local y económicamente viables para los habitantes de estas regiones. Además, según artículos de periódico el tiempo en Colombia hay más de 1,710 comunidades que aún no cuentan con un sistema eléctrico. También en estas zonas se viven otros factores como lo viene siendo exclusión social, enfermedades, alta vulnerabilidad de determinadas



poblaciones a los desastres y otros fenómenos que les impiden ser productivas en el país. Se mostrará un gráfico de barras acostado – Ilustración 1 el cual representa la cantidad de comunidades rurales por departamentos del país. Graficada sacada de el periódico el Tiempo.

*.Ilustración 5 Zonas no interconectadas por departamento*

**Zonas no interconectadas por departamento**



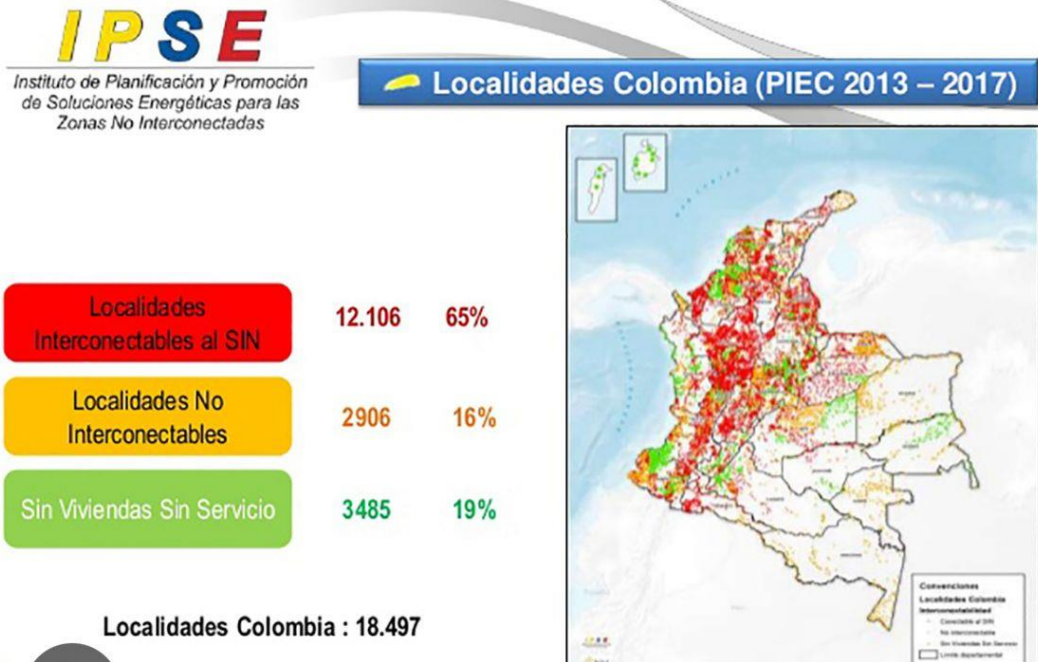
De la gráfica se pueden sacar las siguientes conclusiones, los departamentos de Nariño t el choco son los que más tienen zonas no interconectadas esto puede deberse a que ellos no están proyectados para el desarrollo que los gobiernos diseñan y además de esto se

le suma que la corrupción en nuestro país es inmensa, lo cual en estos departamentos no es la excepción, es decir que la mayoría de departamentos con mayores ZNI están liderados por personas que no invierten en el desarrollo poblacional sino que solo utilizan los medios para lucrarse ellos mismos. La región amazónica se ve que es la más afectada y aislada de proyectos de la era moderna, seguida de la región insular y Orinoquia.

La situación de estas zonas es deprimente, pero aun así las alternativas energéticas en estas zonas son altas debido a la variedad y cantidad de recursos naturales que poseen (Flórez, Tobón, & Castillo, 2009). Las Zonas No Interconectadas (ZNI) son poblaciones en su mayoría rurales, que no cuentan con un sistema eléctrico eficiente o no cuentan con un sistema eléctrico, debido a que los lugares donde están ubicadas son de muy difícil acceso, están alejadas de los centros urbanos, carecen de una infraestructura física para la aplicación del sistema eléctrico y no cuentan con vías de acceso apropiadas. Se suma a lo anterior los servicios públicos deficientes y escasos para satisfacer la demanda de los hogares, la mayoría no cuentan con energía, agua potable ni alcantarillado, también la baja asignación presupuestaria para generar servicios de educación, salud y redes de comunicación. De esta manera los factores básicos para que una población se pueda desarrollar no están presente en este tipo de poblaciones.

Pero no todo es negativo, se puede decir que son poblaciones de alta importancia en aspectos ecológicos, se caracterizan por su gran riqueza en recursos naturales, gran biodiversidad y en estas zonas se encuentra la mayor parte de reservas y parques naturales de Colombia.

Ilustración 6 Localidades Colombia



La segunda ilustración de la investigación según el IPSE (instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas) no se permite ver que los puntos rojos son las localidades interconectadas al sistema de interconectado nacional, la cual es el mayor porcentaje, luego los puntos amarillos significan la cantidad de zonas no interconectadas las cuales se puede observar que están alrededor de todo el país pero su foco principal es al sur de la nación, donde se encuentran las poblaciones más rurales.

Teniendo un leve contexto sobre lo que son las zonas no interconectadas primero se debe entender de que se trata el concepto de un servicio de energía, según el congreso de la república de Colombia por medio de la ley 142 de 1994 define el concepto de servicio público energético domiciliario como “el transporte de energía eléctrica desde las redes

regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición” (p.9) , es decir, desde las regiones principales del país se distribuye la energía eléctrica para cada usuario final eso si desde que el usuario final este dentro del rango de conectividad de la región. La importancia del suministro eléctrico en la sociedad influye un papel importante en esta, ya que desde allí parte un desarrollo digno de una vida en la sociedad actual, por lo tanto, el suministro eléctrico debe garantizarse a todo ciudadano sin importar su condición, este debe ser un sistema eléctrico confiable y eficiente a cada región del país, generando una sociedad que incentiva el progreso continuo del desarrollo personal de cada individuo, en manera de impulsar a oportunidades personales de mejor calidad de vida ya que la energía proporciona comodidad para el hogar, iluminación, calefacción, refrigeración y preparación de alimentos. También se impulsa el desarrollo personal por medio de educación, la cual para la actualidad es necesaria su uso de energía para poder estudiar, investigar y realizar tareas para los estudiantes, el desarrollo profesional es otro aspecto a impulsar por medio de la energía porque desde oficinas hasta industrias de manufactura es esencial la energía para alimentar maquinas, equipos de oficina y redes de comunicación, lo que permite un desempeño eficiente y productivo del trabajo, otro aspecto vital es la capacidad de evolucionar la salud y el bienestar gracias a la energía, ya que si se dispone de este recurso facilita la atención medica de calidad a las personas; Por último el acceso a energía permite la interacción oportuna con las redes de comunicación modernas, las cuales posibilitan la operación de redes de telecomunicaciones, acceso a internet y dispositivos de comunicación móvil, lo que conecta a las personas con el mundo y crea oportunidades para el aprendizaje y la interacción social. Desde la construcción personal de cada individuo es donde se empieza a construir un progreso social, es decir, se fomenta

el progreso a través del avance y mejora de la condición de vida de las personas, más allá de solo el ámbito económico. El progreso ayudara a potencializar a la sociedad en ámbitos cotidianos como por ejemplo la educación, salud, bienes básicos (agua potable, saneamiento, vivienda adecuada y alimentación suficiente), seguridad, sostenibilidad, igualdad y equidad, derechos humanos, cohesión social, cultura e innovación y tecnología.

El servicio de energía es vital para la sociedad actualmente, su importancia es de alto nivel para inferir en una vida cotidiana digna para las personas, comunidades y a la vez de las organizaciones, por lo tanto, el servicio de energía debería ser garantizado para las regiones partiendo de su suministro, calidad, continuidad y seguridad. Existen varios puntos en específicos que permiten entender porque es importante un servicio eléctrico en una región, en primer lugar se puede tocar el desarrollo económico, la electricidad es un motor clave que impulsa el crecimiento económico de una región ya que desde allí parte la facilidad de operación de empresas, fabricas, industrias y comercios, si se garantiza la electricidad la actividad económica dentro de la región será constantemente activa, lo cual impulsa la generación de empleos y la inversión dentro de la región. En segundo lugar, la calidad de vida ya mencionada varias ocasiones, pero para una región el servicio de electricidad proporciona iluminación en hogares, escuelas y calles, lo que aumenta la seguridad y la comodidad. Además, permite el uso de electrodomésticos y dispositivos electrónicos que facilitan las tareas diarias. El tercer punto habla sobre la salud y la atención medica que el servicio de energía permite ofrecer para hospitales, clínicas y centros de atención médica, estos dependen de la energía para operar equipos médicos, mantener medicamentos a temperatura controlada y garantizar la iluminación adecuada para

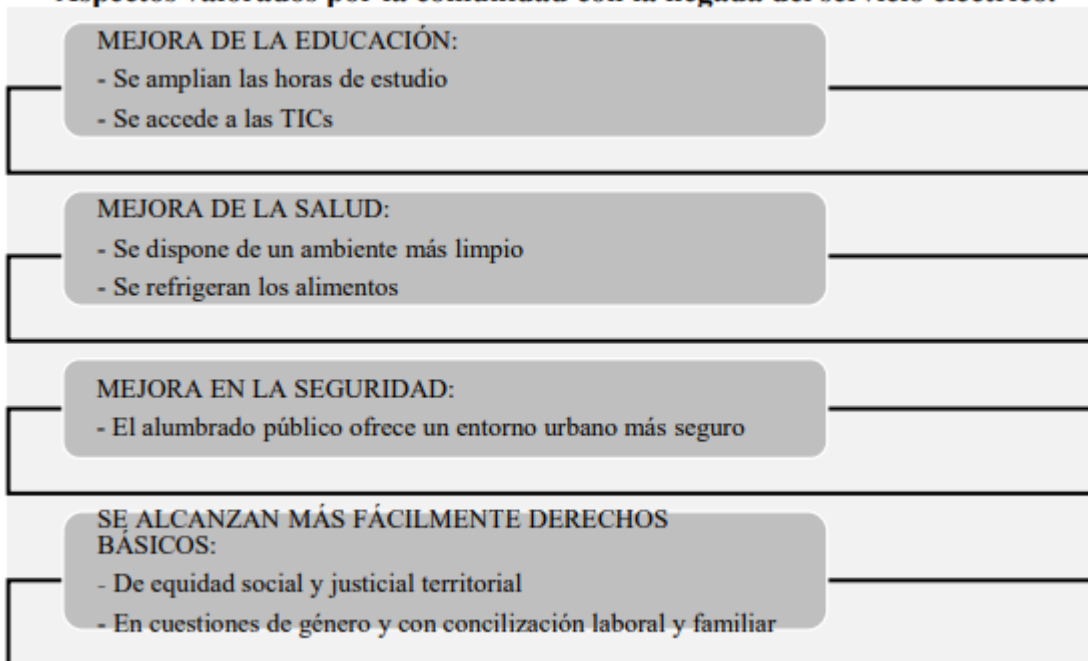
procedimientos médicos y quirúrgicos. Cuarto punto específico es la tecnología y comunicación, sin servicio de energía es imposible que existan estos dos aspectos los cuales son supremamente importantes en la actual era digital, quinto concepto importante de porque la energía es vital es la educación, a partir de la energía todo tipo instituciones educativas pueden operar sus aulas, laboratorios, bibliotecas y sistemas de tecnología educativa. Sexto punto la energía no es simplemente importante para la evolución de la humanidad, sino que la energía puede aportar a la sostenibilidad del medio ambiente a nivel nacional e internacional, esto a partir de energías renovables solares o eólicas (Smart grid) que contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al desarrollo de regiones más sostenibles desde el punto de vista ambiental. Ultimo y séptimo punto el suministro eléctrico confiable es esencial para la seguridad y la resiliencia de una región. Esto incluye el funcionamiento de sistemas de iluminación de emergencia, la refrigeración de medicamentos en caso de desastres naturales y la operación de sistemas de alerta temprana. Todos estos puntos se complementan para describir la importancia de un servicio de energía eléctrico para una región la cual conlleva consigo misma el desarrollo personal y organizacional de su comunidad.

En cuanto a la importancia del servicio de energía en una comunidad rural, según el documento *ELECTRICIDAD, DESARROLLO RURAL Y BUEN VIVIR* (p.5) “el suministro de electricidad sirva para favorecer el desarrollo humano, el tejido social y el progreso económico del medio rural en armonía con la naturaleza. Especialmente, al actuar como palanca de la valorización y aprovechamiento de los potenciales agrícolas, agroindustriales, artesanales, turísticos, etc., existentes en cada una de las zonas rurales del país, y, por tanto,

generando alternativas de empleo y mitigando así uno de los principales problemas de estas”. Esto quiere decir principalmente que apoyar a zonas rurales con el suministro de electricidad, aportaría al crecimiento económico, pero no únicamente esto, según la ilustración 3 podremos ver aspectos que han valorado personas que realmente han vivido la situación de no estar conectados a la energía, se valora este trabajo ya que son antecedentes que han sucedido en América Latina, específicamente en Ecuador sobre los aportes del sistema eléctrico.

Ilustración 7 Aspectos valorados por la comunidad

**Aspectos valorados por la comunidad con la llegada del servicio eléctrico.**

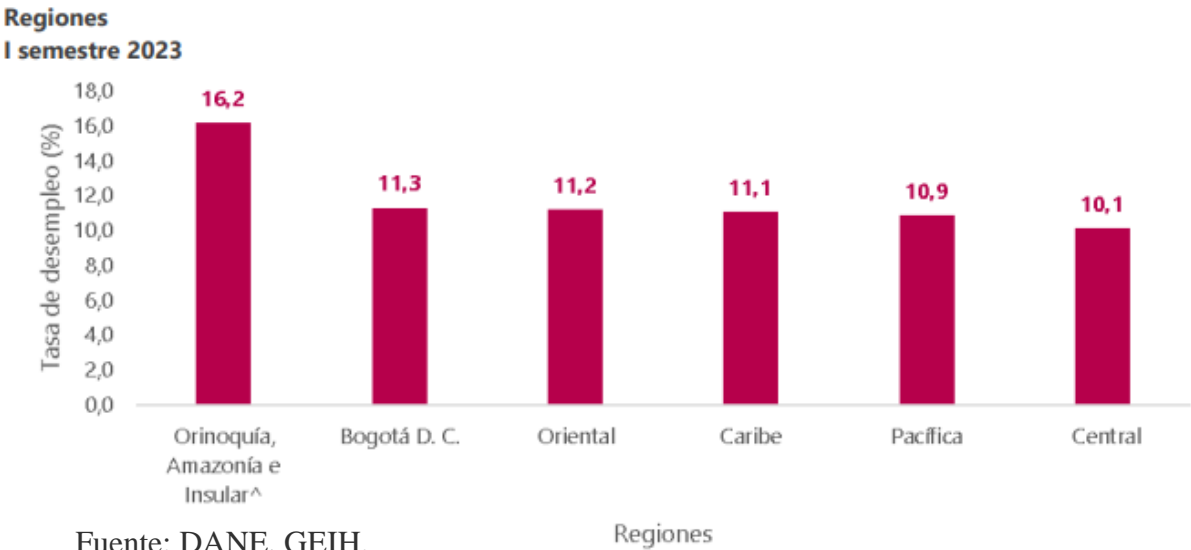


Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas realizadas durante Junio y Agosto de 2013.

*ELECTRICIDAD, DESARROLLO RURAL Y BUEN VIVIR (p.9)*

Retomamos a hablar específicamente de las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia, la mayoría de las zonas no interconectadas se vive la pobreza por causa de desempleo, esto se puede ver reflejado en la ilustración 4 la cual fue importada del DANE, del proyecto Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) que se realizó en los primeros seis meses del 2023. La grafica representa la tasa de desempleo del primer semestre el 2023, en la cual las regiones Amazonía, Orinoquía e Insular son las que tienen la mayor tasa. Con este dato se puede ver que no es coincidencia que las mismas regiones mencionadas con más comunidades no interconectadas sean las de mayor tasa de desocupación.

Ilustración 8. Tasa de desocupación por regiones.



De la gráfica se puede concluir que el desempleo está más que presente en ZNI, algunas razones válidas también recolectadas por el DANE son: No hay trabajo disponible en la ciudad. · Está esperando que lo llamen. · No sabe cómo buscar trabajo. · Está cansado de buscar trabajo. · No encuentra trabajo apropiado en su oficio o profesión. · Está esperando



la temporada alta. · Carece de la experiencia necesaria. · No tiene recursos para instalar un negocio. · Los empleadores lo consideran muy joven o viejo. Estos datos apoyan todo lo que la investigación a dicho, falta de servicio de energía es uno de los factores que no permite el desarrollo poblacional de estas comunidades ya que si no se toman medidas estas personas seguirán teniendo recursos económicos limitados.

Una manera de solucionar la falta de interconexión de las ZNI de Colombia es a través de las Smart grid en los centros pequeños y las zonas no interconectadas que se maneja en el país. Los Smart grid son sistemas de distribución eléctrica seguras, eficientes, sostenibles y rentables. Esta solución puede ayudar a conectar las zonas que tiene algunas dificultades para la instalación de energías.

En las Zonas No Interconectadas (ZNI), que están geográficamente aisladas, se enfrenta un reto en el suministro de energía. Debido a esta separación, se requiere generar energía localmente, lo que implica adquirir combustibles para la generación eléctrica y uso doméstico. Sin embargo, la falta de infraestructura de transporte convencional, como tuberías de transporte y gasoductos, aumenta considerablemente los costos de los combustibles y provoca una falta de fiabilidad en el suministro. Esta situación causa una serie de problemas en estas zonas: hay poca disponibilidad de energía, la calidad del servicio es deficiente y los costos son elevados. A la vez, los residentes de estas áreas tienen limitaciones en su capacidad para pagar por estos recursos energéticos. Para abordar esta problemática, es necesario encontrar soluciones locales que sean económicamente viables. Esto es particularmente

importante para las comunidades más pequeñas, que tienen un acceso aún más limitado a la energía en comparación con los centros urbanos más grandes. A pesar de los intentos del Gobierno por mejorar esta situación, las estrategias actuales tienen inconvenientes. Los grandes proyectos de interconexión que buscan unir las ZNI con el sistema nacional tienen impactos negativos en los ecosistemas locales y crean una dependencia poco deseada. Del mismo modo, la generación de energía a partir de combustibles fósiles tiene efectos adversos para el medio ambiente y la seguridad, tanto en su transporte como en su uso en los hogares.

Finalmente se puede concluir que en el mundo actual aún existen comunidades que no conocen la energía por lo cual podrían llamarse como comunidades perdidas en el tiempo, ya que su evolución al pasar de los años ha sido casi nula pero aun así encuentran maneras para vivir su estilo de vida sin ningún problema. Aquí logramos ver oportunidades de progreso, aunque con este primer apartado solo estamos empezando a dar indicios de nuestra investigación para ayudar a estas comunidades a desarrollarse por medio del sistema eléctrico diseñando estrategias a futuro que podrían ser funcionales para el gobierno colombiano, aunque uno de nuestros mayores retos será lograr que estas comunidades logren estar en proyectos que el gobierno actual de Colombia diseñe para incentivar el progreso de todo el país.

Las zonas no interconectadas de Colombia están enfrentando un desafío crucial en la provisión de energía debido a su aislamiento geográfico, pobreza, recursos naturales , problemas sociales , entre otros la necesidad de generar energía por medio de combustible

genera muchas dificultades significativas por falta de infra estructura de transporte . y esto genera una serie de problemas para estas zonas como lo viene siendo la escasez de energía, la baja calidad de servicios y altos costos, así abordar esta problemática y buscar soluciones desde una perspectiva económica y viable como lo viene siendo la implementación de nuevas energías inteligentes como lo pueden ser las Smart grid.

## **8.2 barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.**

Las redes inteligentes (Smart grid) representan una transformación fundamental en la gestión y distribución de energía eléctrica en la sociedad moderna. Estas redes eléctricas, impulsadas por tecnología avanzada, se han convertido en una respuesta esencial a la creciente necesidad de optimizar la infraestructura eléctrica y hacer frente a los desafíos de un mundo cada vez más dependiente de la electricidad

En el corazón de esta transformación se encuentra la búsqueda constante de mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la sostenibilidad de la red eléctrica. Para lograrlo, las Smart grids incorporan una serie de componentes y sistemas de gestión inteligente que trabajan en conjunto de manera armoniosa. Uno de los pilares fundamentales de las Smart grids es la medición avanzada. A través de la instalación de medidores avanzados en hogares y empresas, estas redes permiten una recopilación de datos extremadamente precisa sobre el consumo y, en algunos casos, la generación de energía a partir de fuentes renovables. Esto proporciona una visión detallada y en tiempo real del uso de la energía a las empresas de

servicios públicos y a los usuarios, lo que se traduce en una toma de decisiones más informada y eficiente

La comunicación bidireccional es otro aspecto crucial. Las redes eléctricas inteligentes permiten la transmisión constante de información entre medidores y empresas de servicios públicos a través de redes de comunicación avanzadas. Esta comunicación en tiempo real facilita la interacción fluida y la respuesta inmediata a eventos en la red

La automatización y el control son componentes esenciales para la eficiencia operativa de las Smart grids. Mediante dispositivos inteligentes como interruptores y sensores, estas redes pueden gestionar automáticamente la distribución de energía, equilibrar la carga en tiempo real y minimizar las interrupciones del suministro eléctrico. Esta capacidad de respuesta aumenta la resiliencia de la red ante eventos inesperados y contribuye a una experiencia de usuario más confiable además de estas características, las Smart grids destacan por su capacidad de análisis de datos. Los enormes volúmenes de datos recopilados se procesan y analizan de manera continua, lo que permite a las empresas de servicios públicos identificar patrones de consumo, detectar fallas en tiempo real y anticipar la demanda futura de energía. Este análisis de datos es un pilar fundamental para tomar decisiones informadas y optimizar la operación de la red eléctrica.

La integración de energía renovable es una preocupación creciente en el panorama energético actual. Las Smart grids abordan este desafío al facilitar la integración eficiente de fuentes de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas. Al monitorear y controlar la generación intermitente de estas fuentes de energía, las redes eléctricas

inteligentes maximizan su contribución a la matriz energética sin sacrificar la confiabilidad del suministro.

Y se puede afirmar que la demanda es una función poderosa de las Smart grids. Las empresas de servicios públicos pueden enviar señales de precios en tiempo real en función de la demanda de energía, alentando a los usuarios a reducir su consumo durante períodos de alta demanda y tarifas más altas. Esta capacidad no solo ayuda a evitar sobrecargas en la red, sino que también fomenta un uso más eficiente y sostenible de la electricidad

Para llevar a cabo la construcción o instalación de esta red se tiene en cuenta la planificación estratégica. Se deben establecer objetivos claros y definir la visión de la red eléctrica inteligente. Esto incluye determinar qué tecnologías se implementarán, cómo se financiará el proyecto y cuáles serán los beneficios esperados. Esta etapa sienta las bases para el éxito del proyecto. Se debe llevar a cabo una evaluación de la infraestructura eléctrica actual es un paso crítico en el proceso. Antes de realizar cualquier cambio, es esencial comprender el estado actual de la red eléctrica. Esto implica un análisis exhaustivo de la red de distribución, los medidores, los sistemas de control y la capacidad de generación existente. Esta evaluación proporciona una imagen clara de las áreas que requieren modernización, una vez que se haya evaluado la infraestructura existente, se deben seleccionar las tecnologías necesarias. Estas pueden incluir medidores avanzados, sensores de red, sistemas de comunicación, dispositivos de automatización y sistemas de gestión de datos. La elección de estas tecnologías debe basarse en los objetivos establecidos en la planificación estratégica. También hay que tener en cuenta La comunicación ya que es fundamental para permitir la comunicación bidireccional necesaria en una Smart grid. Esto puede implicar la

implementación de redes de banda ancha, redes celulares u otras tecnologías avanzadas de comunicación. Esta infraestructura garantiza una interacción constante entre los usuarios y las empresas de servicios públicos, lo que resulta en una respuesta más rápida a las necesidades y eventos en la red eléctrica

La instalación de medidores avanzados en hogares y empresas es un paso crítico para la recopilación de datos precisa sobre el consumo de energía y la generación de energía a partir de fuentes renovables. Estos medidores proporcionan información detallada y en tiempo real que es fundamental para una toma de decisiones más informada y eficiente. Llevar a cabo una automatización y control ya que estos son componentes esenciales para la eficiencia operativa de las Smart grids. Dispositivos inteligentes como interruptores y sensores gestionan automáticamente la distribución de energía, equilibran la carga en tiempo real y minimizan las interrupciones del suministro eléctrico. Esta capacidad de respuesta aumenta la resiliencia de la red ante eventos inesperados y contribuye a una experiencia de usuario más confiable

La recopilación y gestión de datos son esenciales en una Smart grid. Sistemas de gestión de datos procesan y analizan continuamente los datos recopilados de la red. Esto permite identificar patrones de consumo, detectar fallas en tiempo real y anticipar la demanda futura de energía. El análisis de datos es esencial para tomar decisiones informadas y optimizar la operación de la red eléctrica, y se tiene que tener en cuenta la gestión de la demanda ya que es otra función poderosa de las Smart grids. Las empresas de servicios públicos pueden enviar señales de precios en tiempo real en función de la demanda de energía, alentando a los usuarios a reducir su consumo durante períodos de alta demanda y

tarifas más altas. Esta capacidad no solo ayuda a evitar sobrecargas en la red, sino que también fomenta un uso más eficiente y sostenible de la electricidad

Colombia se puede decir es un país lleno de fauna y flora , la cual está conlleva a tener muchas zonas ricas en recursos y estas se encuentran en áreas rurales y remotas , entonces al implementar estas redes inteligentes (Smart grid) esto nos lleva a una serie de ventajas no solo para el esas zonas no interconectadas las cuales no cuentan con mucha energía , si no para el país como tal se puede evidenciar que la implementación de Smart grids en las zonas no interconectadas de Colombia es un proyecto ambicioso y transformador que tiene el potencial de cambiar radicalmente la dinámica energética de estas regiones rurales. Se investigo pasos clave necesarios para llevar a cabo la transformación y se ha destacado los múltiples beneficios que estas redes eléctricas inteligentes pueden aportar.

Uno de los aspectos más notables de la implementación de Smart grids en zonas rurales es el empoderamiento de las comunidades locales. La educación y la participación de los residentes en la gestión de su consumo de energía son elementos esenciales de este proceso. A medida que las personas adquieren conocimientos sobre el funcionamiento de la Smart grid y su impacto en sus vidas diarias, se vuelven más conscientes de la importancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad

Este empoderamiento va más allá de la simple gestión de la electricidad. Implica un cambio en la mentalidad y una mayor conciencia ambiental. A medida que las comunidades rurales comienzan a utilizar fuentes de energía renovable, como la solar o la eólica, no solo

reducen su dependencia de los combustibles fósiles, sino que también se convierten en defensores activos del medio ambiente. Este compromiso con la sostenibilidad no solo beneficia a nivel local, sino que contribuye al esfuerzo global para combatir el cambio climático

La eficiencia energética es otro resultado destacado de la implementación de Smart grids. La medición precisa del consumo de energía en tiempo real permite a las empresas de servicios públicos gestionar la distribución de energía de manera más eficiente, lo que a su vez reduce las pérdidas y los costos operativos. Para los usuarios locales, esto se traduce en ahorros a largo plazo y en la posibilidad de utilizar la electricidad de manera más consciente

La integración de fuentes de energía renovable es un componente esencial de este proceso. Colombia, con su riqueza de recursos naturales, tiene un gran potencial para la generación de energía solar y eólica. La implementación de Smart grids permite a las comunidades rurales aprovechar estos recursos de manera efectiva, lo que no solo reduce los costos a largo plazo, sino que también contribuye a la diversificación de la matriz energética y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

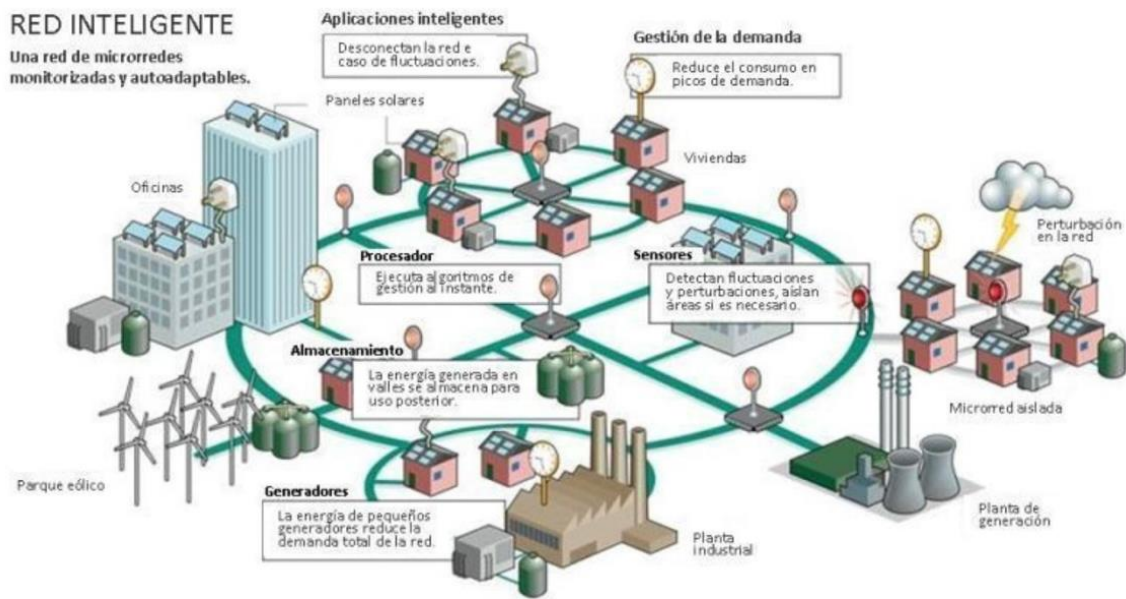
Las ventajas de la implementación de Smart grids en zonas no interconectadas pueden ser respaldadas por una variedad de fuentes y expertos en el campo de la energía y la tecnología como lo es el (ministerio de minas y energías colombiana) destacan las ventajas significativas que las Smart grids pueden aportar a las zonas no interconectadas de Colombia. Estas ventajas incluyen una mayor eficiencia energética, la integración de energía renovable, la reducción de pérdidas técnicas y comerciales, la gestión de la demanda y el empoderamiento de las comunidades locales. La implementación de Smart grids se percibe



como una solución transformadora que no solo mejora la infraestructura eléctrica, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y al bienestar de estas áreas remotas

*Ilustración 9 Pasos para crear una Smart Grid.*

Fuente: Eco inteligencia



Para la instalación de estas redes ante las zonas no interconectadas se deben resaltar que la implementación de una Smart grid en zonas no interconectadas debe adaptarse a las condiciones y necesidades específicas de cada región. Además, la colaboración entre múltiples partes interesadas, incluyendo gobiernos locales, empresas de servicios públicos, comunidades y expertos en energía, es fundamental para el éxito del proyecto

La implementación de Smart grids en zonas no interconectadas de Colombia es un proceso complejo y multifacético que requiere una planificación detallada y una ejecución precisa.

En primer lugar, es esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la situación actual en estas regiones, comprendiendo la infraestructura eléctrica existente, las necesidades de la comunidad y los desafíos específicos que enfrentan. La definición de objetivos claros es el siguiente paso, estableciendo metas que pueden incluir la mejora de la eficiencia energética, el aumento de la confiabilidad del suministro eléctrico y la integración efectiva de fuentes de energía renovable

El diseño de la Smart grid implica la selección de tecnologías apropiadas para la recopilación de datos, la comunicación bidireccional y la automatización de la red eléctrica. Esto incluye la instalación de medidores avanzados en hogares y empresas, así como la implementación de sistemas de comunicación robustos para transmitir datos en tiempo real. La inversión financiera y el apoyo gubernamental desempeñan un papel crucial en este proceso, ya que estos proyectos suelen requerir inversiones considerables. Además, la adquisición de tecnología, la selección de proveedores y la construcción de la infraestructura son pasos esenciales en la implementación

Una vez que la infraestructura está en su lugar, la gestión de datos y el análisis de la información en tiempo real se vuelven fundamentales. Esto permite a las empresas de servicios públicos y a los usuarios locales tomar decisiones informadas sobre la gestión de la energía y optimizar la operación de la red eléctrica. La integración de energía renovable, aprovechando los recursos naturales disponibles en Colombia, como la energía solar y eólica,

se convierte en un enfoque importante para aumentar la sostenibilidad y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Además, la educación y la participación de la comunidad son vitales en todo el proceso. Informar y capacitar a los residentes locales sobre el funcionamiento de la Smart grid y cómo pueden contribuir a su eficiencia es esencial para su éxito a largo plazo. Finalmente, se debe establecer un programa de seguimiento y mantenimiento continuo para garantizar que la Smart grid funcione de manera óptima a lo largo del tiempo y que las comunidades rurales continúen beneficiándose de la electricidad confiable y sostenible que brinda este enfoque tecnológico avanzado.

Pero la implementación de estas redes no es tan sencilla ya que esta se enfrenta a diversas barreras que deben abordarse de manera integral para lograr el éxito en este ambicioso proyecto.

En primer lugar, uno de los desafíos más evidentes es la falta de infraestructura eléctrica existente en estas áreas remotas. La ausencia de una red eléctrica tradicional implica la necesidad de construir una infraestructura desde cero, lo que puede ser costoso y llevar tiempo. La topografía variada de Colombia, que incluye montañas, selvas y áreas remotas de difícil acceso, agrega una capa adicional de complejidad logística y financiera a la construcción de la infraestructura eléctrica necesaria.

Además, la inversión financiera requerida para llevar a cabo un proyecto de esta magnitud puede ser prohibitiva. Los costos asociados con la instalación de medidores avanzados, sistemas de comunicación, dispositivos de automatización y equipos de

generación de energía renovable pueden ser significativos, y encontrar la financiación adecuada puede ser un obstáculo importante, especialmente en zonas de recursos económicos limitados.

La falta de capacitación y conocimientos técnicos en las comunidades locales también puede representar un obstáculo. La gestión y el mantenimiento de una Smart grid requieren habilidades específicas, y la falta de personal calificado puede dificultar la operación efectiva de la red.

Asimismo, los aspectos regulatorios y legales pueden ser complicados. Es necesario establecer marcos regulatorios claros que fomenten la inversión en infraestructura de Smart grid y que permitan la integración eficiente de fuentes de energía renovable en la matriz energética. Superar las barreras burocráticas y garantizar que las políticas gubernamentales sean coherentes y alienten la adopción de tecnologías avanzadas es esencial.

Finalmente, la resistencia al cambio y la falta de conciencia pública pueden ser barreras significativas. Las comunidades locales pueden ser reacias a adoptar nuevas tecnologías o pueden carecer de información sobre los beneficios de la Smart grid. La educación y la sensibilización pública son esenciales para superar esta barrera y obtener el apoyo necesario para implementar con éxito estas redes eléctricas inteligentes en las zonas no interconectadas de Colombia.

Como conclusiones se puede identificar que la implementación de las Smart grid en las zonas no interconectadas de Colombia, representa una oportunidad transformadora para mejorar la eficiencia y eficacia energética, fomenta la sostenibilidad y empoderamiento las

comunidades de este país, las Smart grid ofrecen ventajas significativas a Colombia cómo la optimización de la ínfera estructura, infraestructura energética, entre otras más. Y también la implementación de estas redes son un paso a la modernización de la infraestructura estructura eléctrica y desarrollo sostenible volviendo a Colombia un país moderno lleno de oportunidades.

### **8.3 Estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.**

Las redes inteligentes o las Smart grid es un conjunto eléctrico con procesos innovadores que emplean tecnología avanzada para mejorar la eficacia, seguridad y la sostenibilidad en la distribución de energía eléctrica; se pueden describir como una evolución a las redes eléctricas convencionales para poder suplir las nuevas necesidades del entorno, que son exigencias en los niveles de calidad pero teniendo en cuenta la sostenibilidad, y las Smart grids son un proyecto que apoya la transición energética, dado que buscan generar cambios en formas de producir y consumir energía para crear una conciencia y uso responsable de ella, impactando positivamente de forma social y ambiental.

Las zonas no intercomunicadas, tienen diversas dificultades en su desarrollo social y estructural, y al introducir redes inteligentes en estos sectores se busca darles oportunidad de desarrollo en diversos aspectos ya mencionados en el puntual 9.1, pero en estas zonas se tiene escasez de recursos que inciden en su implementación, entre ellas la infraestructura actual; es fundamental a la hora de implementar las Smart grid tener bases estructurales para la

instalación de sistemas avanzados de energía, esto significa que al no contar con estas, se tendría que incurrir en un gasto considerable para la creación de un sector propicio para la ejecución de estas redes; siendo este de los procesos más complicados, por otro lado, es indispensable recalcar la importancia de la capacitación de los habitantes de las zonas, partiendo de la realidad de que la mayoría no ha tenido acceso a educación y sistemas tecnológicos, por lo que de nada serviría introducir en la zona altos sistemas novedosos que ellos no sepan emplear, y gradualmente se tendrá que evaluar esta formación para crear sistemas que les ayude a mejorar las actividades económicas existentes y generar nuevas, por lo que se puede afirmar que en cuanto desarrollo económico, social, ambiental y técnico las zonas tienen un nivel muy bajo pero esta inversión llevaría a toda una comunidad a crecer y tener una mejor circulación económica, mejorando educativamente y también el sistema de salud, construyendo una sociedad con mejores oportunidades. Pero es de gran atención entender que, a una comunidad con una cobertura baja casi nula de las necesidades básicas, debería ser de las principales preocupaciones sociales y gubernamentales.

Las primeras preocupaciones por las zonas no interconectadas en Colombia vinieron a dar realmente lugar tras la promulgación de la constitución del 1991, pues en esta se reconoció la diversidad cultural entendiendo que había comunidades no interconectadas con menor posibilidad de desarrollo, por lo que se entendió que debía ser un área con mayor interés, puesto que eran sociedades que subsistían con menos posibilidades y sus actividades económicas se basaban en los recursos naturales que poseían en cada localidad.

En la época de los 2000 se crearon proyectos que tenían como finalidad mejorar la conexión con algunas ZNI como lo fueron la Vía del Llano y la Vía al Pacífico. Con el objetivo de mejorar o construir carreteras que dieran acceso a lugares geográficamente aislados.

Para el año 2003 mediante el artículo 62 de la Ley 812, se empezó a destinar subsidios por parte del gobierno a las Zonas No Interconectadas (ZNI), podrán ser utilizados tanto para inversión como para cubrir los costos del combustible requerido por las plantas de generación eléctrica en estas zonas. El año siguiente (2004) mediante la resolución número 18-0961, se fijan las fórmulas para el cálculo y asignación de los subsidios destinados a los usuarios pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 que se encuentran ubicados en las ZNI, delegando adicionalmente funciones al Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE), dejando claridad que se faculta a la Nación, los Departamentos, los Distritos, los Municipios y las Entidades Descentralizadas, la oportunidad de conceder subsidios, en sus respectivos presupuestos, para que las personas de menores ingresos puedan pagar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios que cubran sus necesidades básicas.

Para el año 2007 ya se establecían tarifas para aquello que distribuyeran el servicio público de energía a las ZNI, aquella época se estableció la metodología necesaria bajo un esquema realizado por la CREG, el cual es el organismo encargado de definir la metodología y las fórmulas con las cuales se remuneran las actividades de generación, distribución y comercialización en tales zonas. En 2008 la resolución 18-1072 se desarrolla el trámite para la contratación de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público de energía eléctrica en las Zonas no Interconectadas. Para el 2015 el Ministerio, expidió el Decreto 1623 que define los lineamientos de política para la universalización del servicio de

energía eléctrica en el país, tanto en el SIN como en la ZNI, así como la utilización de los fondos de financiación del sector FAER y FAZNI. Con este Decreto hay un cambio sustancial en la política, ya que el objetivo es el de incentivar la expansión de la prestación del servicio a través de los Operadores de Red del SIN, con la obligación de presentar el plan de expansión de cobertura de energía eléctrica, el cual se podrá financiar una parte con los cargos establecidos, otra con el incremento de tarifa a definir por el Ministerio de Minas y Energía y otra parte con recursos de los fondos.

Actualmente las ZNI de Colombia están conformadas por Resguardos Indígenas – 42.7%, Comunidades Afro – 7.3% y Parques Nacionales – 13.1%, el gobierno en los últimos años ha procurado crear resoluciones que exigen a empresas aumentar la utilización de energías renovables, de interconexión y que puedan llegar a las zonas alejadas, sin embargo la interconexión en la mayoría de las ZNI es inviable ya que el más del 35% de estas, no son interconectables a mediano plazo por lo que esquemas empresariales eficientes deben brindar respuesta y soluciones a los usuarios ubicados en ellas.

*Ilustración 10 Proyecciones gubernamentales para ZNI*



Fuente: GRUPO DE

INVESTIGACIÓN XUE SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN BARIÓN, 2020



La UPME- Unidad de Planeación Minero-Energética compartió con el respaldo de dos ministerios, Ministerio de Minas y energía, y el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, los estudios para la creación de un mapa que traza el plan de acción que llevará el proceso de implementar redes inteligentes en Colombia, proyecto llamado "Smart Grids Colombia Visión 2030" investigación a la que se ha sumado el BID, Banco Interamericano de Desarrollo, y se ha podido llevar a cabo gracias a los fondos otorgados por el Fondo Coreano para Tecnología e innovación.

Colombia es un país con una ventaja geográficamente positiva para el desarrollo de la industria energética, gran porcentaje de la energía que emplea el país es por medio de fuentes hídricas, pero se proyecta hacer una transición energética, donde ya se pueda emplear energía producida por granjas solares y parques eólicos, y así emplear energía de fuentes sostenibles, pero gran parte del proyecto se centra en la creación e implementación de sistemas y procesos que regulen el consumo responsable, una adecuada distribución donde esta garantice llegar a las comunidades equitativamente, y hacer buena administración de esta.

El proyecto Smart grid Colombia hace especial énfasis en que la energía eléctrica debe ser producida y gestionarse de tal manera que, de paso al desarrollo del bienestar social del país, de toda la sociedad que lo compone, impulsando las actividades productivas y la protección y cuidado del ambiente, pero ¿por qué 2030? Pues el estudio informa que en la actualidad el sistema energético cuenta con las capacidades para cubrir las exigencias de consumo, pero se cuenta con la cantidad más no con la infraestructura adecuada para ser

aplicable a todas las regiones, y al avanzar estructuralmente se prevé que para el 2030 la capacidad necesaria deberá ser un 50% mayor a la actual para así suplir las exigencias del entorno en esa época, también teniendo presente que algunos sistemas para ese año ya serán obsoletos o poco eficientes, y es necesario el constante avance en las tecnologías por lo que será vital estar apoyados en las Smart grid para destinar los fondos a los mejores procesos que den respuesta a las problemáticas permitiendo hacer excelentes inversiones que den durabilidad a largo plazo, esto permitirá que algunas zonas de mayor consumo se regule la cantidad empleada, pudiendo utilizar la ahorrada en distintas zonas, y se estima que este proyecto permita un ahorro de 2.207 millones de dólares del fondo de inversión.

La implementación de estas Smart grid, redes eléctricas inteligentes, traerá una apertura a un nuevo mundo laboral, explorando nuevas industrias y mercados, con nuevos procesos operativos e investigativos, conllevando a la creación de nuevas fuentes de empleo, siendo un atractivo mayor para la inversión extranjera y así diversificar la economía, y favorecer el compromiso de Colombia con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero Co2.

*Tabla 1. Barreras que impiden la implementación de redes inteligentes en Zonas no interconectadas*

<b>Barreras que impiden la implementación de redes inteligentes en Zonas no interconectadas</b>
- Baja penetración de energías renovables pese a ilimitado potencial

- Falta de apoyo estatal en el giro oportuno de subsidios y en la formalización de prestadores
- Estructuras empresariales deficientes
- Baja cobertura de otras necesidades básicas insatisfechas
- Dificultades en el ejercicio de vigilancia y en la captura de información
- Ciudadanos y Microempresas no ven la Utilidad: Insuficientes aplicaciones
- Bajo poder adquisitivo del ciudadano: El costo de los terminales y el servicio de Internet sigue siendo relativamente alto para los ingresos de la mayoría de los ciudadanos, por lo que muchos de estos no tienen posibilidad económica de acceder a ellos
- Altos Costos de Desplegar Infraestructura
- Recursos: Presupuesto de inversión del gobierno limitado.

Fuente: DANE

Para la consolidación de una Colombia productiva, eficiente, formal, competitiva y de oportunidades, el gobierno colombiano debe diseñar estrategias que incluyan a las ZNI en sus planes de proyección, desde allí se empieza a conformar el crecimiento de zonas rurales y que mejor opción que hacerlo por medio de las Smart Grids.

La estrategia principal es llegar a todas las zonas no interconectadas, pero para iniciar con los procesos de integración de nuevos sistemas tecnológicos, se tendrá que realizar un estudio previo de las localidades con sistemas que requieran una rápida implementación,

donde se investigan las necesidades, y como se pueden suplir estas o potenciar actividades existentes, apoyando a zonas donde se estén aprovechando los recursos naturales para actividades agrícolas y comerciales, y llegando a implementar las Smart grid se aproveche en su totalidad para el óptimo desarrollo social e industrial; no significa que las zonas no interconectadas que no cuenten con unos sistemas económicos con bases no sean viables, simplemente se recomienda iniciar donde más se prevé será aprovechado, para tener un ahorro considerable en tiempo de ejecución y capacitación, y servir esta zona como apoyo primordial para otra, construyendo un apoyo mutuo entre zonas no interconectadas, incentivando un desarrollo mutuo.

Debe ser primordial velar por las necesidades básicas de los colombianos sin importar lugar, estrato o condición, por lo tanto, el diseño de estrategias en base a energía renovables que puedan ser implementadas en estas áreas difíciles puede ser una opción para el gobierno, poder crear alianzas con empresas internacionales que tengan la capacidad de crear sistemas eléctricos en cualquier ámbito geográfico, de esta manera se busca la satisfacción de comunidades como también el apoyo a ciertas organizaciones por sus labores magníficas. La implementación de sistemas eléctricos en áreas con insumos naturales ilimitados puede ser opción para generar rentabilidad al gobierno colombiano desde el ámbito agrícola, es decir, apoyar a la industria ganadera y agricultura por medio de sistemas tecnológicos innovadores pueden impulsar los procesos hacia la producción a grandes cantidades y tener ventas a nivel nacional e internación y de esta manera el gobierno puede incrementar su reputación ante la población y porque no generar recursos para invertir en el pueblo colombiano.

## 9. DISCUSIÓN

### 9.01 Aspectos relevantes

A través del desarrollo de la investigación que parte desde la pregunta de investigación, se logró recolectar información relevante con aspectos que serían de interés para personas que estén desarrollando métodos de implementar redes inteligentes, por que incluirlas en comunidades muy vulnerables y por qué están comunidades viven en condiciones no dignas, estos conceptos pueden aportar conocimientos y perspectivas de valor. La investigación estuvo enfocada en desarrollar los siguientes objetivos específicos: Distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía en zonas no interconectadas, 2) Identificar las barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia., 3) Determinar de qué manera se pueden beneficiar las comunidades no interconectadas de Colombia con la implementación de Smart Grid, 4) Determinar estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia.

Empezando con el primer objetivo específico “Distinguir las problemáticas asociadas al servicio de la energía en zonas no interconectadas” se identificaron los siguientes hallazgos, principalmente estas zonas no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) es debido a la baja densidad poblacional de estas comunidades y también porque su ubicación dificulta la logística para implementar el servicio eléctrico allí, además estas comunidades no cuenta con los recursos necesarios para estar en capacidad de cubrir los gastos para obtener electricidad en sus viviendas.

Aunque se han desarrollado proyectos objetivos para darle solución a problemáticas de estas comunidades por parte del gobierno (Servicios Publico Domiciliarios), no se ha logrado promover su desarrollo y mejorar su calidad de vida debido al poco desarrollo de las comunidades lo cual es una problemática que conlleva factores importantes que no permite la evolución, como por ejemplo la baja ocupación en cuanto al trabajo quiere decir que hay muy poco comercio dentro de las mismas ZNI lo que no permite el flujo de dinero dentro de la comunidad, esto significa que no se tiene el ingreso de recursos necesarios para generar negocios, educación, salud, tecnología, vías e infraestructura que son factores muy necesarios para evolucionar en forma de comunidad, y por ultimo a todo esto se le suma que las ZNI están muy alejadas de las ciudades desarrolladas del departamento por lo tanto no están vistas en el mapa de inversión y desarrollo por parte de los gobiernos departamentales y nacionales.

En cuanto al segundo objetivo específico “Identificar las barreras que se presentan al implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia” con la investigación se puede resumir que las barreras para implementar Smart Grid en ZNI pueden ser varios aspectos, principalmente la capacidad de inversión en estas comunidades es muy baja por lo cual la posibilidad de implementar Smart Grid parece ser imposible ya que no existe ningún tipo de infraestructura energética, en segundo lugar el acceso ilimitado a la tecnología es casi nulo lo cual impide la implementación de Smart Grid ya que se necesitan medidores inteligentes y redes de comunicación que no existen en zonas ZNI, el tercer lugar es la alta cantidad de costos que son necesarios para crear redes inteligentes y lastimosamente ninguna de las ZNI cuenta con esta cantidad de dinero para invertir, en este aspecto también se puede

mencionar que la poca capacidad de inversión no permite capacitar a la gente adecuada de las ZNI para conocer y hacerse cargo de la función optima de la Smart grid.

Por último, acerca del segundo objetivo específico es que el desafío de implementar Smart grid en estas zonas es la dificultad de crear infraestructura sostenible, a pesar de que las comunidades cuentan con gran cantidad de recursos naturales.

Para el tercer objetivo específico “Determinar de qué manera se pueden beneficiar las comunidades no interconectadas de Colombia con la implementación de Smart Grid” como se menciona a través de toda la investigación las Smart grid traerían gran cantidad de beneficios para las ZNI, primero que todo beneficios para tener una vida digna, es decir, agua potable, energía, canales de comunicación, educación avanzada, equipos tecnológicos para la salubridad de la población, tecnología y formas de tener wifi, todos estos aspectos permitirían el desarrollo de la comunidad, el hacer que la comunidad conozca el mundo exterior para aprender nuevas formas de realizar las cosas en su día a día, como producir, generar ingresos, trabajar por medio de la web, conocer el mundo, maneras de aprovechar su entorno ecológico, programas de turismo, en conclusión las Smart grid dan la posibilidad de tener lo mismo que hay en las ciudades grandes sin importar el lugar donde se apliquen.

El cuarto y último objetivo específico “Determinar estrategias para que el gobierno colombiano pueda implementar las Smart Grid en zonas no interconectadas en Colombia” el gobierno debe implementar estrategias para aplicar Smart grid en ZNI no únicamente para aportar al desarrollo de comunidades sino que de allí pueden empezar a incrementar el

desarrollo industrial y actividades agrícolas para el crecimiento económico del país, de esta manera se pueden beneficiar de tierras recónditas que no han sido utilizadas para su explotación responsable y de esa manera por ejemplo empezar a exportar materia prima hacia el mundo, lo cual traería grandes alianzas entre países y una buena carta de presentación frente al mundo, ya que se piensa en la población vulnerable y alejada, y a la vez en el impulso de aprovechar toda la tierra del país.

## **9.2 Revisión de la literatura**

El análisis de resultados mantiene la coherencia con lo expuesto por los diferentes autores en el estado del arte, ya que se sigue evidenciando que hay más de 1,710 localidades rurales en Colombia en donde se calcula que 128,587 personas solo acceden al servicio entre cuatro y doce horas al día , también se puede evidenciar que colombiana buscando algunas soluciones para las ni colombianas como lo es programa luz al campo, micro redes y sistemas aislados , proyectos de electrificación rurales , cooperación internacional

Asimismo, se mantienen las barreras que Colombia posee a la hora de implementar nuevas energías a estas zonas se puede evidenciar que además de temas de limitaciones económicas también hay temas geográficos y topográficos ya que la geografía montañosa y remota de alguna de estas zonas se le dificulta a el gobierno colombiano la construcción de infraestructura eléctrica convencional y está hace que aumente los costos de transporte , equipo y materiales , también se evidencian temas de inseguridad ya que gracias a las fuentes dadas



se pudo ver qué hay zonas de Colombia son afectadas por la violencia o la inestabilidad lo que puede persuadir a los inversores y dificultar la ejecución de nuevos proyectos

También se mantiene una coherencia con los autores base sobre la necesidad que el gobierno colombiano invirtiera en las zonas no interconectadas de Colombia para implementar energías inteligentes , ya que a estos invertir están ayudando a estas zonas montañosas no solo cambiando su forma de vivir si no también reduciendo la pobreza de estas zonas , dándoles una seguridad energética dándoles un impacto en la salud y en la educación de estas ZNI.

### **9.03 Recomendaciones**

Se propone continuar investigando ~~sobre porque no se realizan~~ proyectos de desarrollo para comunidades ZNI por parte del gobierno ya que es de vital importancia que se tenga en cuenta a todos los colombianos para crear un país firme y en constante avance. De igual manera continuar recolectando más información sobre las ZNI ya que se han planteado investigaciones documentadas en los últimos años, pero para la actualidad se tiene muy poca información de cómo viven estas comunidades, allí se podría saber cómo son sus procesos para obtener agua potable, energía eléctrica sin estar conectados al sistema eléctrico nacional y además cuáles son sus deseos de progresar en comunidad.

Por otro lado, se piensa que se debe crear un equipo de investigación que se dedique a investigar y a la vez desarrollar las Smart grid en las comunidades ZNI, en pocas palabras, hacer las cosas realidad. Para hacerlo realidad se sabe que es muy difícil que por parte del

gobierno se encuentre alguna ayuda, pero si se realiza una investigación objetiva y basada en la realidad se pueden buscar inversiones externas del país ya que todavía existen personas en el mundo que su máximo deseo es aportar al crecimiento de la sociedad. Obtener información relevante de temas geográficos, maneras de implementar las Smart grids, alianzas con personas inversionistas, deseos de desarrollo en ZNI, son algunos aspectos que harían posible la evolución de las zonas más alejadas de Colombia.

Como recomendación se propone tener presente que las ZNI deben ser tenidas en cuenta para avanzar hacia el futuro por medio de prácticas como ensayos de sistemas o prototipos energéticos, por lo cual el objetivo debe ser estar más cerca de ellas para documentar su experiencia y desde allí tomar decisiones que aporten al desarrollo de todas las comunidades, también como se dijo anteriormente la información actual de las ZNI no es muy actual por lo cual aportar al conocimiento de cómo están estas permitirían llegarles al ojo de los verdaderos planificadores y ejecutantes de proyectos nacionalmente e internacionalmente.

## **10 CONCLUSIONES**

- Los hallazgos realizados son importantes para la ciencia del lado que desde esta investigación podrían empezar a estudiar de qué manera logran vivir las personas de las ZNI y así descifrar si sí se encuentran bien de manera física y mentalmente. Para las empresas la investigación puede significar un nuevo comienzo dentro de un nuevo nicho de mercado que no se ha tocado, a pesar de que se necesita una inversión grande el retorno de la inversión puede ser el doble y hasta el triple. Y para el sector ZNI

pueden estar alegres que desde la parte de la investigación han sido tenidos en cuenta para contribuir a su desarrollo.

- La investigación aporta innovación en tierras alejadas colombianas, nuevas formas de generar energía que ya se han implementado alrededor del mundo que pueden ser efectivas en ZNI. Los hallazgos encontrados significan una estrategia a la contribución de la sociedad colombiana vulnerable, que no cuenta con los servicios mínimos para tener una vida digna.
- La revisión de literatura revela la importancia de invertir en las Zonas No Interconectadas de Colombia. Se destaca la necesidad de abordar barreras como desafíos geográficos, económicos y de seguridad. La inversión gubernamental en energía inteligente en estas zonas puede mejorar la calidad de vida, reducir la pobreza y contribuir al desarrollo regional y sostenible
- La revisión de literatura destaca la necesidad imperante de que el gobierno colombiano invierta en las (ZNI). Esta inversión es vital para mejorar la calidad de vida. Las barreras identificadas, como desafíos geográficos y económicos, enfatizan la importancia de la acción gubernamental para superar estos obstáculos y proporcionar acceso a la electricidad a comunidades rurales marginadas
- Las ZNI deben ser objeto de desarrollo para construir un país futuro con desarrollo, incluir estas comunidades dentro de planes de desarrollo gubernamentales es necesario para proporcionar un beneficio integral dentro de estas mismas, de ser así se mejora el ámbito educativo, tecnológico, deportivo, servicios básicos y beneficios económicos.

## 11. REFERENCIAS

- *ESTADO DE LA COBERTURA ELÉCTRICA Y LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS EN LA REGIÓN CENTRAL* (GRUPO DE INVESTIGACIÓN XUÉ SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN BARIÓN, 2020)  
<https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/ESTADO-DE-LA-COBERTURA-ELECTRICA-Y-LAS-ZONAS-NO-INTERCONECTADAS-EN-LA-REGIO%CC%81N-CENTRAL-3-1.pdf>
- *Ley 143 de 1994* (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2007)  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=4631](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=4631)
- *Ley 142 de 1994* (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2012)  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=2752](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=2752)
- *ELECTRICIDAD, DESARROLLO RURAL Y BUEN VIVIR* (Mendieta, Diana y Escribano, Jaime. 2015) <https://www.ub.edu/geocrit/iii-mexico/mendietaescribano.pdf>
- *Mercado laboral por regiones* (DANE, 2023)  
<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIRegiones-Itrim2023.pdf>

- *ZONAS NO INTERCONECTADAS EN COLOMBIA – POLITICA Y REGULACIÓN QUE FACILITAN EL CAMBIO* (Moreno, servicios legales. 2022)  
[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/3\\_u\\_ext\\_andresd-ospina\\_comparativoregfncceramericalatina.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/3_u_ext_andresd-ospina_comparativoregfncceramericalatina.pdf)
- Estudio: Smart Grids Colombia Visión 2030 - Mapa de ruta para la implementación de redes inteligentes en Colombia (UPME, 2015)  
<https://www1.upme.gov.co/Paginas/Smart-Grids-Colombia-Visi%C3%B3n-2030.aspx>
- Smart Grids Colombia visión 2030 (2016) Contexto internacional de redes inteligentes 1-31  
[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/4\\_Parte4\\_Anexo3\\_Proyecto\\_SmartGrids.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/4_Parte4_Anexo3_Proyecto_SmartGrids.pdf)
- Llano, M (2015) La Micro-Red inteligente: una ciudad eficiente, en miniatura.  
Revista Universitos Científica 24-29  
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Micro%20red%20Upb.pdf>
- *Eco Inteligencia* <https://www.ecointeligencia.com/2014/02/smart-grid-fundamentos/>

- Franco, R; Gómez, E & Ramos, C. Revista chilena de ingeniería, (2018) Smart grid analysis and management in Colombia towards ETAP Real Time solution. (26) 599-611.  
  
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/An%C3%A1lisis%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20redes%20inteligentes%20en%20Colombia%20hacia%20la%20soluci%C3%B3n.pdf
- Bolívar, D; Montoya, L (s,f) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS OBSTÁCULOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES INTELIGENTES EN COLOMBIA. 1-35
- ZONAS NO INTERCONECTADAS – ZNI (2017) DIAGNÓSTICO DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. 1-43  
[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/diagnosticozni-superservicios-oct-2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/diagnosticozni-superservicios-oct-2017%20(1).pdf)
- Cortes, S & Londoño, A (2017) Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. (25) 376- 389.
- Propuesta para remunerar la generación, distribución y comercialización de Energía Eléctrica en las ZNI (2014) Propuesta para remunerar la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en las ZNI. 4-32

[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/propuesta para remunerar la generacion d  
istribucion y comercializacion de energia electrica en las zni.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/propuesta_para_remunerar_la_generacion_distribucion_y_comercializacion_de_energia_electrica_en_las_zni.pdf)

- Florez, F (2020) ASPECTOS GENERALES DE LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES EN COLOMBIA. 1-133

[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Redes-Inteligentes-V10%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Redes-Inteligentes-V10%20(1).pdf).