

# **Evaluación del impacto económico y social de la electrificación en Zonas no interconectadas (ZNI) de áreas rurales en Colombia.**

**11/05/2019**

Andrea Juliana Fernández Barón  
[afernandez218@unab.edu.co](mailto:afernandez218@unab.edu.co)

---

**En esta investigación se evaluó el impacto que genera la electrificación en Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia sobre la Pobreza Multidimensional y el desarrollo municipal. Para tal fin se creó un panel con datos obtenidos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Centro Nacional de Monitoreo (CNM) y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) entre otras fuentes, para los años 2005 y 2016. A partir de estos datos se estimó un modelo de diferencias en diferencias con datos panel para cada indicador de desarrollo. Los resultados sugieren que la electrificación genera un deterioro de los índices de desarrollo trabajados para estas Zonas No Interconectadas (ZNI).**

---

**Palabras claves: Desarrollo sostenible, electricidad, áreas rurales, crecimiento económico, energía, cultura, calidad de vida, políticas gubernamentales.**

**Clasificación JEL: A12, R15, O13, C12**

# **Evaluation of economic and social impact of electrification in non-interconnected zones (NIZ) of rural areas in Colombia.**

11/05/2019

Andrea Juliana Fernández Barón

[afernandez218@unab.edu.co](mailto:afernandez218@unab.edu.co)

---

**This research evaluates the impact that the electrification in non-interconnected zones (ZNI) of Colombia generate on the Multidimensional Poverty and the municipal development. For that purpose, was created a panel with data obtained of the Nacional Statistic Administrative Department (DANE), the Nacional Monitoring (CNM) and the Agricultural Nacional Inquiry (ENA) and other sources for the years 2005 and 2016. From this data was estimated a model of difference between differences with data panel for each development indicator. The results suggest that electrification generate a deterioration of the development indicators for non-interconnected zones (ZNI).**

---

**Key words: Sustainable development, electricity, rural areas, economic growth, energy, culture, quality of life, governmental politics.**

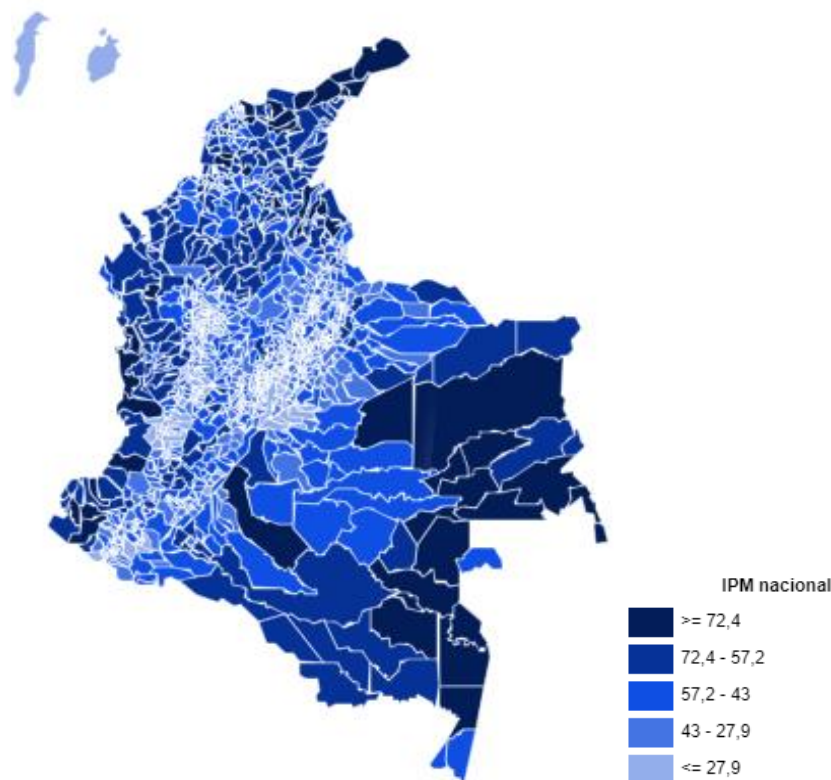
**JEL Clasifications: A12, R15, O13, C12**

# 1. Introducción

Dentro de sus estrategias para el desarrollo social, estipuladas en los PND (Planes Nacionales de Desarrollo), Colombia establece como meta principal la cobertura de servicios básicos, para esto, debe tener en cuenta que posee un área continental de 114'174.800 hectáreas (ENA, 2014), de estas, 113'008.623 pertenecen a áreas rurales divididas entre Predios: 76'960.606, Resguardos: 31'569.990, Colectivo Comunidades Negras: 5'322.982 y Reservas naturales que corresponden al 98% del territorio nacional, sin embargo, la mayor parte de su población se halla concentrada en urbes situadas en la cordillera de los Andes, en los departamentos con mayor predominancia económica, lo que fomenta la migración y desvía la atención creando una brecha urbano-rural.

Entre más lejos se encuentre el área rural de estas urbes, es más fácil evidenciar la brecha, pues presenta mayores índices de pobreza, acceso a servicios básicos, educación y todo tipo de indicadores de calidad de vida como puede observarse en la gráfica 1, en los departamentos de Chocó, Amazonía, Guainía, Casanare, Putumayo, Guajira, Magdalena, Vichada, Meta, Nariño, y Vaupés.

Gráfica 1. Mapa Colombia IPM 2016  
Fuente: ENA



Los municipios pertenecientes a estos departamentos son, en su mayoría, territorios netamente rurales y la ausencia de servicios básicos como la electricidad es relevante, ya que sobreviven a través de sectores productivos con alta predominancia en el uso y dependencia energética como el agropecuario o agrícola. Por esta razón el gobierno ha dado predominancia a este servicio a través de distintos programas de financiamiento que buscan promover la incursión de empresas promotoras y la implementación de sistemas eléctricos de circuito cerrado, dado que por sus características geográficas y climáticas, requieren una mayor inversión por medio del uso de fuentes alternativas que busquen la auto generación, estas estrategias están pensadas para las Zonas No Interconectadas (ZNI) cuyo sistema eléctrico no se encuentra conectado al nacional (CONPES 3055, 1999).

Si bien los esfuerzos realizados hasta la actualidad para electrificar las ZNI a partir de proyectos de energización y leyes que promulguen la implementación de fuentes alternativas (Ley 1715 de 2014, Energías Renovables) han sido constantes, no se ha dado seguimiento o realizado estudios sobre si estos han representado una mejora en indicadores de desarrollo o la disminución de la pobreza, que es el fin último de la implementación del servicio, capaz medir su efectividad y justificar el gran volumen de inversión, por esta razón, evaluar el impacto económico y social de estos proyectos es necesario dado que la expansión de la cobertura ya se encuentra establecida en dentro de los planes PIEC (Plan Indicativo de Expansión de Cobertura Eléctrica)

Para realizar esta evaluación, en un momento inicial se establece una diferencia entre los conceptos de crecimiento y desarrollo. En una segunda fase se tomaron los 96 municipios pertenecientes a las ZNI, las cuales mantienen proyectos de electrificación de manera constante desde el año 2004. Aplicando la metodología de diferencia en diferencias se determinó el impacto que la electrificación ha tenido en estos municipios por medio de datos extraídos para 2005 y 2016 conseguidos a través de fuentes diversas como Censo 2005, DANE, MinSalud, Adres, SISEV, PND, UPME, CNM etc.

De las características principales de los municipios para implementar la evaluación de diferencia en diferencias, cabe resaltar que, todos los municipios coinciden en que son fronteras, poseen basta pluriculturalidad étnica, cuentan con barreras idiomáticas, ideológicas y educativas por lo que se asumió que sus características iniciales eran las mismas antes de que fuesen electrificadas.

## **2. Aproximación a los efectos socioeconómicos de la generación eléctrica**

La primera investigación que se dio sobre la relación entre consumo energético y crecimiento del PIB fue realizada por Kraft, John, and Arthur Kraft (1978) USA, esta investigación usó datos de los años 1947 a 1974 de manera empírica, por medio de una regresión lineal simple concluyeron que la relación se determina por la sensibilidad de los sectores económicos más relevantes de cada economía con respecto a su consumo energético y que, además, esta relación era unidireccional y suponía que un aumento del PIB generaba un incremento de la demanda eléctrica y esta a su vez podía ser usada como mecanismo para promover la actividad productiva nacional.

Poco después, Akarca y Long (1980) usando datos de 1973 a 1978 hallan relación entre el consumo energético, desempleo y PIB esta relación tuvo gran irregularidad en períodos de crisis durante el embargo por el petróleo y el incremento de los precios energéticos a razón de inconvenientes causados dentro de los mercados y la productividad, no obstante, se halló una causalidad unidireccional que fluía desde el aumento del PIB al incremento de la demanda eléctrica.

El estudio de esta relación en América Latina ha encontrado efectos adversos parecidos a los descritos, un ejemplo es la investigación de Campo y Sarmiento (2011) estudio que compara 10 países de América Latina tratando de demostrar la relación entre PIB y consumo energético sin incluir factores externos, un año después, Barreto y Campo (2012) mejoran al trabajo anterior, mostrando el sesgo correspondiente a los períodos de crisis (aumento en precios del dólar, deuda externa y crisis financieras) para los períodos de 1980 a 2009, sus resultados concluyeron que unos países presentaban mayor sensibilidad que otros y que esta se determina por sus sectores productivos predominantes, especialmente cuando la industria petrolera tiene gran relevancia o el país cuenta con gran área rural.

En Colombia, estos estudios se han direccionado al sector financiero en cuanto a rendimientos o consisten sólo en el cumplimiento de los objetivos planteados en los Planes Indicativos de Expansión de la Cobertura de Energía Eléctrica (PIECE) sin tener en cuenta factores conductuales de las comunidades o su realidad social situación que imposibilita una correcta evaluación de una relación.

De estas investigaciones, la primera incursión sobre los efectos de la energía eléctrica se realizó por Acosta, Orozco y Castillo (2009) en su artículo: “*¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia?: un análisis de la estructura institucional*” sobre la responsabilidad institucional desde la parte técnica y estructural en donde, por primera vez, se habla abiertamente de las implicaciones que puede tener la implementación de la electricidad en zonas rurales aisladas, especialmente para ZNI que deben producir su propia energía por complicaciones geográficas y densidad poblacional (que suele ser muy baja). Esta investigación explica los esfuerzos por parte del gobierno desde la creación la Ley 143 de 1994 por implementar energía eléctrica en el territorio nacional y a la vez, su insuficiencia a nivel social.

## **2.1 Desarrollo y crecimiento económico**

Al evaluar el impacto que una política o proyecto tiene sobre una población a nivel económico y social se revisan conceptos que pueden asociarse entre sí, pero que no son sinónimos, el de Crecimiento económico y desarrollo económico, pues el concepto de crecimiento responde estrictamente a variables económicas como PIB, inversión, consumo etc., por otro lado, el desarrollo, además de lo anterior, se concentra en las condiciones determinantes para generar una transformación material, institucional, cultural y social en la calidad de vida del ciudadano.

El crecimiento económico es un cambio cuantitativo o de expansión económica pues representa el aumento progresivo de la cantidad de bienes, renta, servicios finales de una economía o el valor de un bien en un período determinado. Se mide a partir de indicadores como producción de bienes y servicios, consumo energético, ahorro, inversión, balanza comercial superavitaria y consumo de calorías per-cápita y tradicionalmente se mide a través del aumento porcentual del Producto Bruto Interno (PIB) definido según el DANE como el producto final de toda actividad de las unidades de producción a nivel nacional y su medición se da a partir del valor agregado, de la demanda final, el uso de los bienes y servicios y de los ingresos de las actividades nacionales (DANE, 2000)

El desarrollo económico es un cambio es cualitativo que reestructura toda la economía interna en relación al progreso tecnológico y social, como fue plasmado en el informe Brundtland de 1987, por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y adoptado por el Departamento de Desarrollo de Naciones Unidas, Principio 3° de la Declaración de Río 1992, afirmando la importancia de los países por velar y satisfacer las necesidades de las *generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las*

*del futuro*. Así, el desarrollo económico es definido como la capacidad de los países o regiones para crear riqueza, promover y mantener la prosperidad o bienestar económico y social de sus habitantes, va más allá de un aumento de la capacidad de consumo, pues es también la mejora en la distribución de ingresos, cobertura, calidad educativa, estándares de salud y nutrición, niveles de pobreza e igualdad de oportunidades. (León, 2015)

Diferenciar entre crecimiento y desarrollo es crucial para poder entender el entorno social en que se desarrollan las comunidades, pues de este modo es como pueden crearse políticas efectivas que correspondan a las verdaderas necesidades de la población a la que van dirigidas, especialmente en caso de países en vías de desarrollo, cuyas características son estructuras productivas atrasadas, condiciones de vida limitadas en las poblaciones, dependencia del mercado internacional, desigualdad económica, una baja renta per cápita, exceso de población, un reducido nivel de ahorro y formación de capital, carencia de tecnologías productivas modernas, deficientes servicios públicos, predominancia de actividades productivas del sector primario que corresponde a la mayoría de nichos laborales para la población y poca capacidad empresarial e industrial. (Castillo, 2011)

El desarrollo económico engloba el concepto general no sólo de una mejora productiva si no en la calidad de vida por lo que medir el desarrollo sostenible de manera cuantitativa dentro de índices o indicadores resulta un ejercicio complejo, actualmente se reconocen indicadores como: el INB (Índice de Necesidades básicas insatisfechas), IPM (índice de pobreza multidimensional), IDH (Índice de desarrollo humano), ECV (Encuesta Calidad de vida) entre otros con diversas características que no terminan de abarcarlo en totalidad debido a la naturaleza de las variables subjetivas que deben ser tomadas en cuenta al estudiar las necesidades básicas del ser humano.

Debido a esta diferencia, al momento de generar alguna evaluación relacionada al desarrollo social y económico de una población deberá usarse indicadores que sustenten una mejoría en la calidad de vida de la población, pues de lo contrario, podría incurrirse en el error de sólo medir su crecimiento económico como bien podría ser el ejemplo de Singapur que sostuvo un crecimiento exponencial del PIB del 10% anual de 1970 al 2014 a costa de jornadas laborales demasiado extensas y extrema competencia que se tradujo en numerosas protestas (Rodríguez, 2015).

## 2.2 Desarrollo económico y generación eléctrica

Según el objetivo No.7 de los ODS 2015-2030 propuestos por las Naciones Unidas (Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos) Un sistema energético se encuentra bien establecido si apoya a todo sector en donde se instale: empresas, educación, agricultura, infraestructura, comunicaciones y tecnología avanzada (ONU, 2015)

Para las áreas rurales remotas, la ausencia o dificultad para acceder de un sistema eléctrico restringe sus posibilidades de desarrollo económico y social (Vicuña, Pizarro, 2015) pues esto afecta la productividad regional al reducir las posibilidades de emprender proyectos duraderos desde Pymes, hasta macroproyectos industriales (IEA, 2014)

Diversas investigaciones como la realizada por Bensch, G., Kluve, J., & Peters, J. (2011) en donde se investigó el impacto de la electricidad en áreas rurales usando datos de hogares obtenidos por el “*PSP Hydro Project*” llevado a cabo en Ruanda sin acceso a electricidad. Para identificar una muestra de hogares que fuesen similares entre sí y disminuir el sesgo de selección, calcularon la probabilidad de ser electrificados a partir de un modelo probit basados en variables determinadas por “*PSP Hydro Project*” para la selección de aquellos hogares que iban a ser electrificados. Tras hallar esta probabilidad se aplicó un modelo de diferencia en diferencias que arrojó resultados positivos significativos sobre el ingreso y la educación infantil de la población, y a su vez supuso mejoras a largo plazo en medicina y prevención de enfermedades.

Otro ejemplo sobre lo positivo y provechoso que resulta la implicación de la electrificación en una comunidad puede verse reflejado en la investigación realizada por Dinkelman, Taryn (2011) llevada a cabo en el área rural de Sudáfrica para poblaciones que recibieron electrificación y aquellas que no por medio de un panel de datos de los años 1996 a 2001 a través de un modelo de regresión lineal simple y cuya variable exógena de control usada fue la “*accesibilidad territorial*”, así, se estimó el impacto sobre el crecimiento del empleo a partir de dos estrategias con enfoque empírico. Como resultado, se observó un efecto positivo en el empleo femenino en los 5 años de estudio, pues la electrificación generaba mayor libertad para las mujeres disminuyendo los tiempos de las labores domésticas y generando soluciones a partir de la misma comunidad especialmente si estas eran acompañadas de programas que promovieran medios tecnológicos capaces de incrementar dramáticamente la productividad y el desarrollo pues los resultados según el área geográfica



determinados por la variable exógena, demostraron que entre mayor proximidad tenía la población a la red eléctrica, existía una mayor probabilidad de desarrollo.

Al combinar distintos sectores la efectividad se potencializa, por ejemplo, el uso de metodologías inteligentes para la agro-industria y el desarrollo sostenible como argumentan Shcherbina, Elena Gorbenkova (2018) en *“Tecnologías de Smart City para el desarrollo rural sostenible”* y un adecuado acompañamiento institucional desde cada ente gubernamental hará que la estructura de los proyectos sea más amplia y eficiente al crear sinergia, según Best, Rohan, and Paul J. Burke, 2017, la importancia de instituciones fuertes que acompañen el proceso de maximización de la cobertura de la energía eléctrica es un factor decisivo si se tiene en cuenta que las políticas de electrificación dependen de los gobiernos de turno, para esto, se usaron datos desde el 2012 hasta el 2016 a través de un modelo de corte transversal frente al consumo de energía eléctrica de 135 países de ingresos bajos y se usaron variables que midieran la capacidad eléctrica, acceso, distribución y pérdidas por fugas de capacidad eléctrica controladas por variables como corrupción, estabilidad política, índices de violencia, normativas de regulación.

### **3. Planificación energética en Colombia para ZNI**

#### **3.1 Energía para ZNI**

El sistema eléctrico en Colombia se ha venido transformando tratando de adaptarse a las necesidades de su población a la par de expandir su cobertura desde 1938, cuando entra dentro los planes de gobierno la expansión eléctrica nacional (Artículo 365, Constitución Política de Colombia) pero no es sino hasta 1994 bajo la Ley 142 y 143 que se establece el servicio eléctrico como un servicio público domiciliario y de responsabilidad estatal, esto a fin de expandir la cobertura y calidad del SIN (Sistema Interconectado Nacional) y se admite, por primera vez, la existencia de las ZNI (Zonas No Interconectadas).

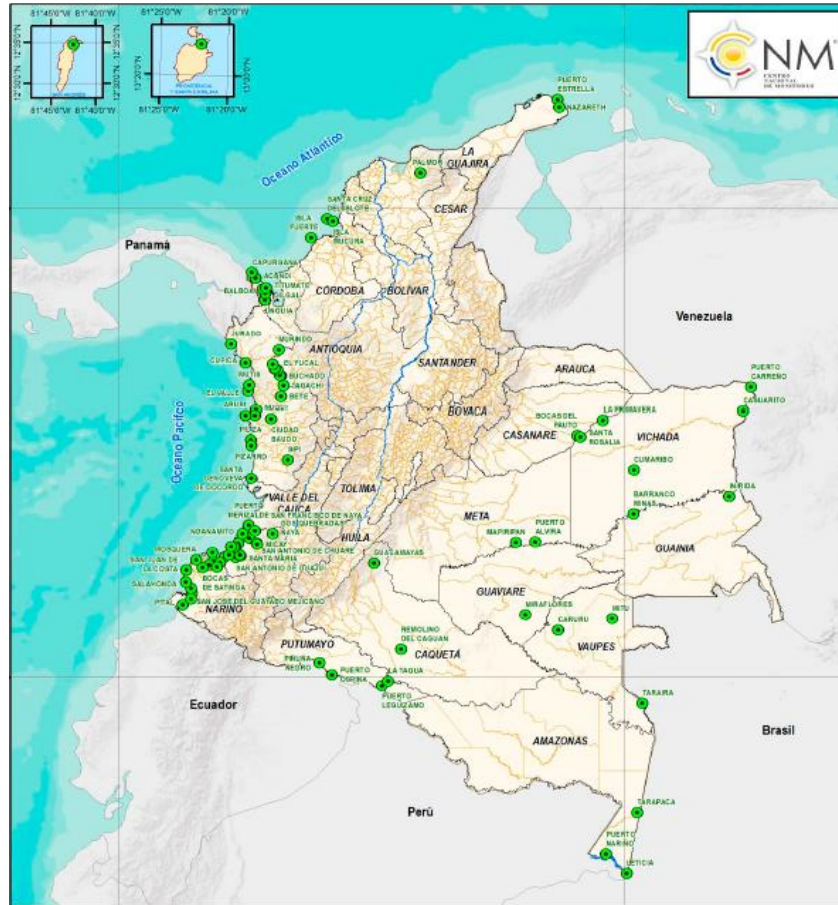
Institucionalmente, en 1946 se crea Electroaguas, quien posteriormente se convertiría en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL) en 1968 (CREG, 2013) y este en 1999 bajo el Decreto 1140, en el Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) y de nuevo bajo el Decreto 257 del 24 de enero del 2004 reestructurado como el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas dada la extrema necesidad de cobertura de estas áreas.

Pese a que desde décadas anteriores se venían creando instituciones y adelantando proyectos de cobertura, la verdadera expansión del mallado eléctrico empieza a partir 1967 ya que en décadas posteriores sólo existían empresas productoras de energía individualizada, es entonces cuando se crea la empresa Interconexión Eléctrica S.A (ISA) quien asociada con la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica (CORELCA) logra crear el primer sistema interconectado regional de Colombia. (IPSE, 2008)

Durante las décadas de 1980 y 1990 Colombia experimentó una expansión de la cobertura del servicio que afrontó problemas administrativos vinculados a la recesión mundial de los precios del petróleo en 1980 y la gran sequía de 1991 y 1992 que ocasionó el racionamiento energético más grande de la historia de Colombia (IPSE, 2008), y se decide entonces en 1991 establecer en la Constitución de Colombia la admisión de empresas externas interesadas en competir en el mercado energético y lograr la eficiencia al acceso de servicios públicos ya que muchas de estas zonas se encontraban por fuera del casco urbano, en la ruralidad, quedando rezagadas por completo.

Pese al incremento de cobertura eléctrica y otros servicios básicos, las regiones pertenecientes a áreas rurales en Colombia aún presentan los mayores índices de pobreza, especialmente las pertenecientes a los departamentos de Chocó, Amazonía, Guainía, Casanare, Putumayo, Guajira, Magdalena, Vichada, Meta, Nariño, y Vaupés, cuyos municipios pertenecen a Zonas No Interconectadas (ZNI), como se observó en el gráficos 1 y puede verificarse en el gráfico 2, los cuales según la Ley 855 de 2003, son todos aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) que deban generar su propia energía debido a su densidad poblacional extremadamente baja, entre otros factores de tipo geográfico las cuales actualmente representan el 51% del territorio Nacional con 57'634.397 hectáreas totales y 96% de cobertura energética.

Gráfica 2. Estado Eléctrico actual de las Zonas No Interconectadas de Colombia  
Fuente: CNM



### 3.2 Planes de desarrollo y soluciones energéticas en ZNI

Desde la reestructuración del IPSE en 2003, el gobierno ha venido implementando e invirtiendo en proyectos exclusivos para ZNI dados sus altos índices de necesidades básicas insatisfechas e ineludible pobreza tanto económica como energética; la importancia del servicio exclusivo de energía eléctrica para las ZNI (CONPES 3587, 2009) se reconoce desde el plan nacional de desarrollo 2006-2010 “*Estado Comunitario: desarrollo para todos*” que estableció el aumento de la cobertura y mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas a partir de la sostenibilidad como prioritario.

El PND 2010-2014 “*Prosperidad para todos*”, bajo la Ley 1450 de 2011, hizo hincapié en su propósito de priorizar la transición a un país sostenible y adaptable al cambio climático en donde el acceso a las tecnologías de la información y el desarrollo cultural fuesen prioritarios, especialmente al tratar de construir una sociedad equitativa con proyección a largo plazo (Congreso, 2011). Esta ley

en su artículo 114, habla específicamente sobre la necesidad de las ZNI de reducir la desigualdad, brecha de oportunidades y de tener una mayor convergencia regional; *“La Prosperidad debe llegar a cada uno de los colombianos, y a cada uno de los municipios, distritos, departamentos y regiones donde viven”* (PND, 2010-2014)

En su anterior versión, el Plan Nacional de Desarrollo 2014- 2018 quiso avanzar hacia la consolidación de la cobertura de la prestación del servicio tratando de ofrecer el servicios las 24 horas del día para cabeceras municipales y localidades, impulsar esquemas de generación eléctrica a partir de fuentes no convencionales e híbridos capaces de suplir la demanda de manera eficiente a partir de inversiones mixtas públicas y privadas en ZNI, esta consolidación se dio a través de la Ley 1753 de 2015 modificada por el Decreto 1623 de 2015 para expresar la clara urgencia en la expansión de la cobertura del SIN y ZNI, a su vez, en los Planes de Energización Rural Sostenible de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, PND, 2014-2018)

Otra normativa es la Ley 1715 del 2014 por medio de la cual se regula toda integración de energías no convencionales al Sistema Energético nacional, ya que se basa en su mayoría en hidroeléctricas y petroleras, busca promover fuentes alternativas, concibe como objeto principal la promoción y utilización de fuentes energéticas no convencionales y su integración al mercado eléctrico para toda zona afectada (ZNI) *“como medio necesario para el desarrollo económico sostenible”* (Ley 1215, art.1, 2014). En pro de finalizar el conflicto armado y construir una paz estable y duradera, el Decreto 884 del 26 de mayo del 2017, explica cómo la implementación de la electricidad constituye un favor determinante en disminución de la pobreza, pues es el servicio público que más contribuye a aumentar la calidad de vida al permitir el acceso a servicios como salud, educación e información, creando ambientes saludables que fomentan actividades y generen desarrollo económico.

La energización en ZNI necesita de un acompañamiento institucional y legal que tenga en cuenta las distintas dinámicas sociales, económicas y ecológicas y sea capaz de generar desarrollo; según el apartado *“Demostración de las necesidades estrictas”* del decreto 884 se establece que implementar el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) - quien formula los mecanismos de participación ciudadana de los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) y estos, a su vez, gestionan la intervención de comunidades y organizaciones rurales según sea estipulado en los Planes Nacionales para la Reforma Rural Integral - implica más que solamente la instalación de la infraestructura física necesaria para la generación eléctrica, además, es imperativa la presencia del estado en el territorio

para generar capacidad democrática en las comunidades electrificadas a través de procesos participativos que giren en torno de proyectos energéticos (Artículo 6 CONPES, 2017)

Pese a todos los proyectos que se han financiado junto con las normativas y leyes que los cobijan y protegen para la generación y promoción de fuentes energéticas, no se ha dado un seguimiento que evalúe el impacto obtenido sobre el desarrollo social y económico de las localidades en que se aplican, y si en verdad la implementación de este servicio contribuye a crear algún tipo de valor, pues es esta la razón principal de su inversión.

## **4. Datos de estudio y análisis descriptivo**

### **4.1 Variables dependientes y explicativas**

Para realizar la evaluación correspondiente y determinar los efectos socioeconómicos que ha tenido la electrificación, se tomaron las variables dependientes IPM (Índice de pobreza multidimensional) e INDEMUN (Índice de desarrollo municipal), medidoras del desarrollo. La primera, IPM, variable refleja múltiples carencias en hogares, salud, educación y nivel de vida tomando datos de encuesta realizadas en los distintos hogares a nivel nacional. Según el PND 2010-2014 “Prosperidad para todos” se definió que El IPM en Colombia está compuesto por cinco dimensiones y quince variables todas con el mismo peso o ponderación: (1) educación, (2) niñez y juventud, (3) trabajo, (4) salud y (5) vivienda y servicios públicos.

La segunda variable dependiente, IDEMUN, toma variables tanto sociales como financieras, se define según el DNP de la siguiente manera: “Esta medición consiste en el cálculo de un índice de desarrollo que refleje el comportamiento de variables de tipo social (cobertura en educación, salud, servicios públicos, necesidades básicas insatisfechas, etc.) y variables de tipo financiero (ingresos tributarios y no tributarios por persona, gastos por persona y grado de dependencia de las transferencias)”

La importancia de estos índices radica en sus implicaciones sociales y económicas dentro de su construcción y las diferencias entre sí para explicar el fenómeno de la pobreza, por ejemplo, INDEMUN trabaja con el porcentaje de personas que viven en cabecera, aquellas que tienen acceso al acueducto y alcantarillado, servicios de energía eléctrica, porcentaje de INB para los casos en que se disponga información, número de personas por viviendas, población analfabeta, inasistencia escolar, ingresos tributarios per cápita (\$ corrientes), e inversión pública municipal per-cápita.

En Colombia el IPM se incluye la variables educativas, condiciones de la niñez y juventud, cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, desempleo de larga duración, empleo formal, acceso a servicio de salud desde enfermedades comunes a cirugías etc., acceso a fuentes de agua potable, estado y material de pisos y paredes exteriores, hacinamiento crítico y *“considera que una persona está en condición de pobreza si cuenta con privaciones en al menos 5 de las variables seleccionadas (33% del total de privaciones)”*

La principal diferencia entre estos medidores de desarrollo se encuentra en las variables usadas para sus cálculos, INDEMUN usa variables financieras como el porcentaje de inversión pública destinada a cada municipio indistintamente de si es área rural o urbana e incluye como variable de selección el porcentaje de población que pertenece a las cabeceras, mientras tanto, el IPM es más refinado en su metodología, aunque no incluye variables financieras y hace división entre área rural y urbana.

Para esta investigación se usaron, las variables: Densidad Poblacional, las tasas de desplazamiento, amenazas, pérdida de bienes, homicidios, lesiones, analfabetismo, inasistencia escolar, rezago escolar, porcentaje afiliado a seguridad social y barreras de acceso a servicios básicos fueron tomadas como variables de control, pues a partir de su relación con las dependientes se determinó en qué medida la electrificación genera un cambio en los municipios.

Tabla 1. Variables dependientes y explicativas.

Fuente: Autoría propia datos obtenidos de Adres, MinSalud, Icfes, DANE, DNP, CNM.

<b>FACTORES DE ENERGÍA E IMPACTO</b>	
<b>Electrificado</b>	1 si está electrificado, 0 si no lo está.
<b>Impacto</b>	1 si electrificados del 2005 a 2016, 0 si no. D*t (Electrificados*año)
<b>IPM</b>	Índice de Pobreza Multidimensional, mide la pobreza en carencias en hogares, salud, educación y nivel de vida.

<b>INDEMUN</b>	Índice de Desarrollo Municipal, mide el desarrollo del municipio tomando variables tanto sociales como financieras.
<b>FACTORES MUNICIPALES</b>	
<b>Densidad poblacional</b>	El porcentaje de personas por hectárea del territorio municipal
<b>FACTORES DE VIOLENCIA (municipal)</b>	
<b>Tasa Desplazamientos</b>	Porcentaje de la población que ha sufrido desplazamientos.
<b>Tasa Amenazas</b>	Porcentaje de la población que ha sufrido Amenazas.
<b>Tasa Pérdidas</b>	Porcentaje de la población que ha sufrido despojo de bienes.
<b>Tasa Homicidios</b>	Porcentaje de población que ha muerto por asesinato.
<b>Tasa de Lesiones</b>	Porcentaje de población que ha sufrido lesiones físicas.
<b>FACTORES DE SEGURIDAD Y EDUCACIÓN</b>	
<b>Acceso a la seguridad social</b>	Porcentaje de población que se encuentran afiliadas a la seguridad social.
<b>Tasa Analfabetismo</b>	Porcentaje de población que no saben leer ni escribir.
<b>Barreras sobre el acceso a servicios básicos</b>	Porcentaje de inaccesibilidad a todos los servicios básicos.

## 4.2 Extracción de datos de estudio

Para el análisis empírico se extrajeron datos de distintas fuentes y recursos como CNM (Centro Nacional de Monitoreo) sobre aquellas zonas que han sido o no energizadas y el Censo Nacional del 2005 de donde se obtuvo información para las variables población, IPM (Índice de pobreza multidimensional), analfabetismo y rezago escolar de este año, especialmente alta en los municipios pertenecientes al departamento de Guainía, Chocó y Amazonía.

Para el año 2016, se hizo uso de la Gran Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) tomando datos sobre el IPM; para los datos de analfabetismo y rezago escolar del 32% 2016 se extrajeron del banco de datos del ICFES.

Para las tasas de sucesos violentos: homicidios, desplazamientos, pérdidas materiales o amenazas se tomaron los datos del Sistema de Información Consulta de Estadísticas Vitales (SICEV) Estas variables se condensaron en la variable “Tasa de hechos violentos” tanto para el año 2005 como 2016. Los datos sobre acceso a la seguridad social se extrajeron de la plataforma Adres y el Censo del 2005.

Del DANE se capturaron datos sobre proyecciones poblacionales y tamaño de los municipios para poder obtener la densidad poblacional, así mismos las variables Valor agregado municipal y la variable de interés INDEMUN (Índice de desarrollo municipal) del MDM (Medición del desempeño Municipal)



### 4.3 Análisis descriptivo

En el año 2005, 81 de los 96 municipios pertenecientes a ZNI contaban con fuentes de generación eléctrica suficientes para suplir la demanda interna, desde entonces, se implementaron proyectos de electrificación que pudiesen aumentar la cobertura y para el 2016, 94 de 96 municipios contaban con generadoras de electricidad gracias a programas de financiamiento como el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas) y leyes como la 1715 del 2014 “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional” (MINTIC, 2014) que entraron en vigor a partir de este año.

Tabla 2. Promedios municipios ZNI 2005 y 2016

Fuente: Autoría propia datos obtenidos de Adres, MinSalud, Icfes, DANE, Geoportal.

Variable	Año 2005	Año 2016	Diferencia
<b>Densidad poblacional</b>	42,28%	20,48%	-21,81%
<b>Hechos violentos</b>	0,0027%	0,0021%	-0,0006%
<b>Acceso a la seguridad social</b>	0,0005%	0,0006%	-0,0001%
<b>Analfabetismo</b>	27,31%	23,67%	-3,64%
<b>Inasistencia Escolar</b>	13,62%	12,06%	-1,56%
<b>Tasa de rezago escolar</b>	36,28%	32,69%	-3,59%
<b>Barreras de Acceso a Servicios</b>	10,81%	9,33%	-1,48%

Además de las ineficiencias energéticas, para 2005 las ZNI mostraban que sólo el 10% de la población tenía acceso a servicios públicos y menos del 1% se encontraba registrada como ciudadano colombiano, no obstante en comparativa frente al 2016, se observó una disminución del analfabetismo de 3,64%, se encontró una reducción en todas aquellas barreras de acceso a servicios básicos, disminuyéndose un 1,5%, e indicadores como inasistencia y rezago escolar se redujeron 1,6% y 3,59% respectivamente.

Tablas 3. Varianzas IPM e INDEMUN 2005 y 2016

Fuente: Autoría propia datos obtenidos t-student Stata.

Grupo	IPM05	IPM16	Diferencia
<b>TMT</b>	0,823	0,691	-0,132
<b>CONT</b>	0,867	0,634	-0,233
<b>Diferencia</b>	0,043	-0,056	0,1005115
Grupo	INDEMUN05	INDEMUN16	Diferencia
<b>TMT</b>	0,206	0,254	0,048
<b>CONT</b>	0,209	0,237	0,028
<b>Diferencia</b>	0,0027	-0,017	0,0195856



Se identificó el nivel de desarrollo (IDENMUN e IPM) para los valores correspondientes a los años 2005 y 2016 y entre los grupos control (electrificados) y tratamiento (no electrificados). Las diferencias presentadas entre el grupo de tratamiento y control indica un aumento real de la pobreza multidimensional en un 10% y un aumento del índice de desarrollo municipal en un 2%

## 5. Metodología

Este estudio desarrolló un enfoque mixto: en su parte cualitativa, se realizó una revisión literaria de fuentes primarias, secundarias y terciarias de información extraídas de fuentes como el UPME, CNM, PERS, PIECE y PND que contemplan explícitamente electrificar las ZNI como prioridad y establecen normativas, planes y proyectos para su ejecución, así mismo, a través de la UNESCO se identificó la diferencia entre crecimiento económico y desarrollo. Desde el enfoque cuantitativo se recolectaron datos que ejemplificaran la relación entre variables de desarrollo socioeconómico y electrificación en ZNI a partir de bancos de datos como el Censo 2005, DANE, MinSalud, Adres, SISEV, entre otros.

### 5.1 Diseño metodológico

Teniendo en cuenta las metodologías usadas en los estudios hallados sobre desarrollo y electrificación y las fuentes de información disponibles para realizar esta investigación para las fechas de 2005 y 2016 se determinó que realizar una investigación con enfoque empírico no era adecuada como las realizadas por Dinkelman, T (2011) o las estudiadas por Kraft, Kraft (1976) y Akarca y Long (1980), pues podría no reflejar el efecto real de la electrificación en la población de ZNI, por esta razón se escogió el modelo econométrico de diferencia de diferencias, similar al usado por Bensch, G., Kluge, J., & Peters, J. (2011) a excepción del modelo probit que calculó la probabilidad de electrificación, siendo el 2005 el año en que se ejecutaron los primeros proyectos de generación eléctrica específicos para ZNI y cuando se constituye el FAZNI, fondo que financia los proyectos energéticos en ZNI y el 2016 el período más reciente del que se tiene información completa de todos los municipios sobre indicadores socio económicos.

Para medir el impacto que el programa tuvo durante su implementación se estimó el contrafactual de la política, es decir, qué habría pasado de no haberse electrificado el municipio, para esto, es necesario hallar la diferencia entre los resultados obtenidos por los municipios luego de ser electrificados (variable observada), y los resultados que hubiesen obtenido en caso de no serlo (variable no observada, llamada *contrafactual*)

$D_i$ , indicará el tratamiento (D) en cada municipio ( $i \dots N = \text{total municipios; } 96$ ) así,  $D_i = 1$  corresponde al momento inicial si electrificados y 0 en caso contrario. Tras la implementación del servicio  $Y_i(D_i)$  representa los resultados obtenidos para cada municipio,  $Y_i(1)$  si estaba electrificado y  $Y_i(0)$  si no.

El efecto (o impacto del programa) se puede escribir para cada municipio como:

$$\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$$

Al este impacto darse a través del tiempo su resultado observado lo podemos representar como:

$Y_i(1)$  si  $D_i = 1$  (Electrificado y resultado del municipio tratado)

$Y_i(0)$  si  $D_i = 0$  (No electrificado y resultados del municipio no tratado)

$$Y_i = D_i Y_i(1) + (1 - D_i) Y_i(0)$$

Como no todos los resultados son observables por municipio, pese a que podría observarse el efecto del tratamiento  $\tau_i$ , no se evidenciaría el efecto global sobre el total de ZNI, así que se promedia el impacto para los 96 municipios, esto significa que se puede observar el impacto promedio del programa en la población ATE (Average treatment effect = Efecto promedio del tratamiento)

$$\tau_{ATE} = E_i[\tau_i] = E_i[Y_i(1) - Y_i(0)]$$

El efecto promedio del tratamiento  $\tau_{ATE}$  representa el cambio promedio en la variable resultado (Impacto de la electrificación) cuando un municipio aleatoriamente pasa de estar electrificado a no estarlo. Para hallar este promedio se utiliza un estimador que únicamente promedie el efecto sobre todos los municipios o el impacto promedio de la electrificación sobre los sí electrificados ATT (Average treatment on the treated = Efecto promedio del tratamiento en los tratados) representado:

$$\tau_{ATT} = E(\tau_i | D_i = 1) = E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 1]$$

Cuando hallamos el efecto promedio podemos definir si deberían continuar, modificar o eliminarse los proyectos de electrificación para estas zonas; en este caso,  $E[Y_i(1) | D_i = 1]$  es el valor esperado de la variable resultado en el grupo de aquellos que sí fueron electrificados, y  $E[Y_i(0) | D_i = 1]$  es el contrafactual, es decir, el resultado del valor esperado en caso de que estos municipios que cumplen los requisitos (pertenecer a ZNI) no hubiesen sido electrificados (este es el valor hipotético no observado y que no queda registrado en los datos)

También puede calcularse el impacto promedio de los no electrificados hallando la diferencia entre la media de la variable de resultado si hubiesen sido electrificados y la media de la variable del resultado obtenido al no haberlo sido.

$$\tau_{ATU} = E(\tau_i | D_i = 0) = E[Y_i(1) | D_i = 0] - E[Y_i(0) | D_i = 0]$$

Donde el contrafactual  $E[Y_i(1) | D_i = 0]$  es el promedio de la variable de resultado de los no electrificados en caso de haber participado, este parámetro  $\tau_{ATU}$  evalúa si debe expandirse la cobertura o no a aquellos municipios que aún faltan por energía eléctrica.

Para elegir el contrafactual adecuado se puede utilizar el promedio de la variable de resultado entre municipios sin energía eléctrica de ZNI (grupo de control), esto se utilizaría como una aproximación del resultado que habrían tenido los municipios si nunca se hubiesen electrificado, pero esto puede generar un “sesgo de autoselección” dadas las múltiples variables que afectan el resultado del grupo de tratamiento y al grupo de control y las diferencias que suponen, aún sin la existencia del servicio eléctrico, pues pueden existir también diferencias no observadas o no medidas entre los grupos.

El promedio de los resultados de los no electrificados está dado por:

$$E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0]$$

Si tenemos el efecto promedio del tratamiento en los electrificados:

$$\tau_{ATT} = E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 1], \tau_{ATT} + E[Y_i(1) | D_i = 1] = E[Y_i(0) | D_i = 1]$$

podemos restar  $E[Y_i(0) | D_i = 0]$  a ambos lados de la ecuación se obtiene:

$$\tau_{ATT} + E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0] = E[Y_i(0) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0]$$

A la derecha de la ecuación tenemos la diferencia entre el promedio de los resultados de los no electrificados. Es decir, se puede utilizar  $E[Y_i(0) | D_i = 0]$  como aproximación del contrafactual  $E[Y_i(0) | D_i = 1]$ , lo que permite recuperar el  $\tau_{ATT}$  sí y sólo sí:

$$E[Y_i(0) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0] = 0$$

Se deduce entonces que la variable de resultado en caso de no existir algún tipo de electrificación debería ser idéntica para los sujetos tratados y el grupo de control. El supuesto indica que el valor promedio de la variable de resultado sin la implantación eléctrica es idéntico tanto en municipio electrificados como no, se mide su efecto así:

$$\tau_{ATT} + E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0]$$

El estimador estaría dado por:

$$\tau_{ATT} = (\bar{Y}_i | D_i = 1) - (\bar{Y}_i | D_i = 0)$$

Donde  $(\bar{Y} | D)$  es el promedio de la variable de resultado en caso de electrificarse  $D$ . Esta comparación de medias se puede interpretar en la siguiente regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + u_i$$

Donde  $Y_i$  es la variable de resultado para el municipio  $i$ ,  $D$  es una variable binaria o dummy que toma el valor de 1 si el municipio está electrificado y de 0 si el municipio no tiene sistema eléctrico, mientras que  $u_i$  es el término de errores de la regresión que contiene las variables observadas y no observadas, sin contar  $D_i$ , que afectan la variable de resultado. De cumplirse el supuesto, no existe correlación entre la elección del municipio y las características contenidas en  $u_i$  ya que los municipios tratados y no tratados son idénticos, lo que supone que cada municipio es independiente de las características de los mismos y por tanto  $E[Y_i(0) | D_i = 0]$  es una aproximación adecuada del contrafactual  $E[Y_i(0) | D_i = 1]$ , lo que formalmente significa que:

$$E(u_i | D_i) = 0$$

Lo anterior se conoce como el *supuesto de independencia condicional* indica que conocer  $D_i$  no añade información adicional de  $u_i$ . Así, el estimador  $\beta_1$  por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) sea consistente e insesgado. El parámetro  $\beta_1$  es el efecto del programa, es decir que es la diferencia de medias de la variable de resultado entre el grupo de tratamiento y el de control, se obtiene entonces:

$$E[Y_i(1) | D_i = 1] = E(\beta_0 + \beta_1 + u_i | D_i = 1) = \beta_0 + \beta_1 + E(u_i | D_i = 1) = \beta_0 + \beta_1$$

$$E[Y_i(0) | D_i = 0] = E(\beta_0 + u_i | D_i = 0) = \beta_0 + E(u_i | D_i = 0) = \beta_0$$

Debido a que  $E(u_i | D_i) = 0$ , Entonces:

$$\tau_{ATT} + E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 0] = (\beta_0 + \beta_1) - \beta_0 = \beta_1$$

El estimador de MCO de  $\beta_1$  estaría dado por:

$$\beta_1 = (\bar{Y} | D = 1) - (\bar{Y} | D = 0)$$

Esta metodología busca establecer el efecto generado por la electrificación calculando la diferencia entre la variable resultado, electrificación del municipio, y no tener electricidad. El primer paso es hallar la diferencia antes y después de la electrificación para los grupos y comprarlos consigo mismo, controlando los resultados a través de factores que son constantes en el tiempo; el segundo paso es tratar de controlar los factores no observados pero que afectan el modelo y que no se incluyen en el primer paso porque estos cambian a través del tiempo.

	Tratamiento	Control
Inicio	$Y_1   D = 1$	$Y_1   D = 0$
Resultados	$Y_2   D = 1$	$Y_2   D = 0$

El cambio esperado en  $Y$  a con la diferencia entre el periodo posterior y anterior a la electrificación en los municipios que ya electrificados, menos la diferencia esperada en  $Y$  entre el “antes y el después” de aquellos que no lo estaban. La condición  $D$  indica la observación que corresponde a un municipio del grupo de tratamiento  $D=1$  o al grupo de control  $D=0$ . El impacto del programa sería:

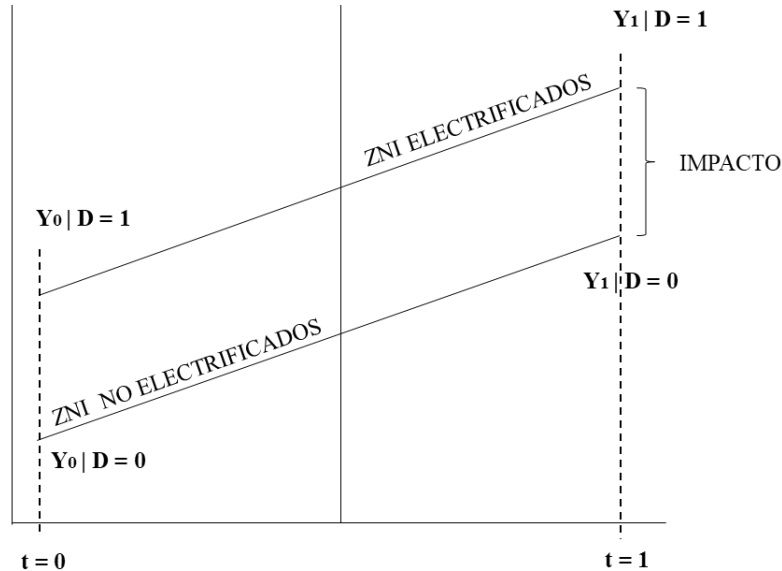
$$\tau_{diff-en-dif} = [E [Y_2 | D = 1] - E[Y_1 | D = 1]] - E [Y_2 | D = 0] - E[Y_1 | D = 0]$$

$$\tau_{diff-en-dif} = [(\bar{Y}_2 | D = 1) - (\bar{Y}_1 | D = 1)] - [(\bar{Y}_2 | D = 0) - (\bar{Y}_1 | D = 0)]$$

Donde  $\bar{Y}_t | D$  es el promedio muestral de  $Y$  en el período  $t$  en el grupo  $D$ . El estimador se puede reescribir de la siguiente manera:  $\tau_{diff-en-dif} = (\Delta \bar{Y} | D = 1) - (\Delta \bar{Y} | D = 0)$

Donde  $\Delta \bar{Y} | D$  es el cambio promedio de  $Y$  en el período  $t=2$  y el período  $t=1$  en el grupo  $D$ .

Gráfico 3. Representación gráfica metodología Diff and Diff  
Fuente: Guía Práctica para la Evaluación de Impacto



El estimador de diferencia en diferencias se puede obtener con base en un análisis de regresión lineal MCO. Si se define  $\Delta \bar{Y}_t$  como el cambio en el valor  $Y_i$  durante el tiempo que lleva electrificado un municipio, el efecto sería el coeficiente  $\beta_1$  de la siguiente ecuación:

$$Y_{it2} - Y_{it1} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + (u_{it2} - u_{it1})$$

$$\Delta Y = \beta_0 + \beta_1 D_1 + v_1$$

Sustituyendo por valor esperado (electrificado o no), se obtiene que:

$$E (\Delta Y | D = 0) = \beta_0 + \beta_1 E (u | D = 1) = \beta_0 + \beta_1$$

$$E (\Delta Y | D = 0) = \beta_0 + E (u | D = 1) = \beta_0$$

El último procedimiento es sustituir usando el supuesto de independencia condicional  $E (u_i | D_i) = 0$ . Entonces:  $E (\Delta Y | D = 1) - E (\Delta Y | D = 0) = (\beta_0 + \beta_1) - \beta_0 = \beta_1$  El estimador de  $\beta_1$  por MCO ( $\beta_1$ ) corresponde al estimador de diferencia en diferencias y es sesgado si  $E (u_i | D_i) \neq 0$ .

## 6. Resultados de los modelos

Dada la naturaleza de las fuentes disponibles de información para las variables usadas en el desarrollo de esta investigación, se creó una base de datos de los años 2005 y 2016 a partir de los cuales se estimó un modelo de diferencia en diferencias. Finalmente, para establecer la robustez del modelo se realizó un test de multicolinealidad estadística usando el factor de incremento de varianza (VIF) y dos test de heterocedasticidad: Brueusch-Pagan y White.

Tabla 4. IPM e INDEMUN

Fuente: Autoría propia datos obtenidos de Adres, MinSalud, Icfes, DANE, DNP, CNM

VARIABLE	INDEMUN	IPM
<i>Impacto de la electrificación en ZNI</i>	-.043126 ** (.018337)	.2630345*** (.0159246)
<i>Efecto de la electricidad</i>	.0304797 (.0305211)	-.2089583 *** (.0265058)
<i>Densidad poblacional</i>	.0159348 *** (.0052975)	-.0228988 *** (.0046005)
<i>Tasa de desplazamiento</i>	-.4627903** (1.804854)	-2.291333 (1.567408)
<i>Tasa de amenazas</i>	4.455486 (7.268929)	6.206644 (6.31263)
<i>Tasa de despojos</i>	9.08441 (6.372195)	3.830417 (5.53387)
<i>Tasa de homicidios</i>	-8.342336 (14.36129)	-8.772577 (12.47192)
<i>Tasa de lesiones</i>	24.76604 (13.84163)	-6.44486 (12.02063)
<i>Acceso a la seguridad social</i>	13.49824 (8.449241)	-.1508491 ** (7.33766)
<i>Tasa de analfabetismo</i>	-.0022702*** (.0007587)	.0049677 *** (.0006589)
<i>Tasa de inasistencia escolar</i>	.0030494 (.0018072)	-.002623 (.0015695)
<i>Dificultad para acceder a servicios básicos</i>	-.0009898 (.0015956)	.0063611 *** (.0013857)
<i>Constante</i>	.2004649 *** (.0382086)	.7174668 *** (.0331818)
<i>R<sup>2</sup></i>	0.1691	0.6995
<i>Prob F</i>	0.0007	0.0000

## 6.1 Impacto de la electrificación sobre la pobreza multidimensional

Las variables incluidas en el modelo explican un 70% de la pobreza multidimensional en las ZNI. Tras la estimación, las variables “*efecto de la electricidad*”, “*densidad poblacional*”, “*tasa de analfabetismo*” y “*dificultad para acceder a servicios básicos*” son significativas al 1%. La variable “*Acceso a la seguridad*” tiene una significancia al 5%.

La variable “*efecto de la electricidad*” indica que por cada unidad de electricidad agregada al municipio se verá representado en un 21% de disminución de la pobreza, es decir que, en general la electrificación tanto en municipios ya electrificados como aquellos que no lo están genera una disminución sustanciosa a largo plazo, que podría explicarse en las implicaciones que tiene la implementación eléctrica en algunos municipios ya electrificados, como es el caso del municipio de Macarena, cuya atracción principal es Caño Cristales y que genera ingresos a partir del sector servicios y que tuvo un incremento sustancial de estos tras haberse electrificado y poder acceder al mercado nacional a través de la conexión a través de medio tecnológicos (Alcaldía de la Macarena, 2018)

La “*densidad poblacional*” la capacidad con que se centralice el desarrollo económico y social afecta directamente a la capacidad que tenga la comunidad de hacer frente a problemas productivos y en el caso del índice de pobreza multidimensional indica que por cada aumento de 100 habitantes por hectáreas disponibles se disminuirá la pobreza en un 2,3%.

La “*tasa de analfabetismo*” indica que por cada aumento del 1% de las personas que no sepan leer ni escribir se incrementará en 0,5% la pobreza multidimensional, la variable “*barrera sobre el acceso a servicios básicos*” indica que por cada aumento del 1% de inaccesibilidad a los servicios básicos se aumentará la pobreza en un 0,6%. En cuanto al “*Acceso a la seguridad*” se encontró que por cada aumento del 1% de personas que accedan a la seguridad social (sistema de salud y pensión, o registro ciudadano) habrá una disminución de la pobreza del 15%

La variable de “*Impacto de la electrificación en ZNI*”, significativa al 1%, indica que por cada unidad de electrificación que se le da a una ZNI se genera un aumento del 26% de la pobreza multidimensional.

## 6.2 Impacto de la electrificación sobre el desarrollo municipal

Las variables incluidas en el modelo explican un 17% del desarrollo municipal, las tasas de “*densidad poblacional*” y “*tasa de analfabetismo*”, son significativas al 1% con un nivel de confiabilidad del 99%. La tasa de “*violencia por desplazamiento*” es significativa al 5% y disminuyen el desarrollo municipal, es decir que por cada 1% de estas que aumente para la población se va a ver reflejado en una disminución.

La variable “*densidad poblacional*” indica que por cada aumento de 100 habitantes por hectáreas disponibles se aumentará el índice de desarrollo municipal en un 1,6%, esto se explica porque la mayoría de los territorios de ZNI cuentan con una población centralizada en pequeños porcentajes del total de hectáreas, la tierra restante es desaprovechada o se encuentra en desuso por falta de conocimiento para el aprovechamiento, violencia, vías insuficientes para el acceso al territorio, entre otros, que resulta relevante para el índice de desarrollo municipal, que es un medidor de la productividad municipal. La variable “*tasa de analfabetismo*” indica que por cada aumento del 1% de las personas que no sepan leer ni escribir se disminuirá en un 0,2% el índice de desarrollo municipal

La variable “*tasa de desplazamiento*” indica que por cada aumento en un 1% de población desplazada se reducirá en un 46% el índice de desarrollo municipal, este es un resultado significativo pues genera un gran impacto, el cual es comprensible dado que al ser desplazada la población y no poder tener un terreno en donde establecerse, esta deberá iniciar de cero por completo y así mismo, el municipio o localidad se verá desprovisto de fuerza laboral que haga crecer su economía, sin contar que altas tasas de violencia generan aversión en sectores como el turismo, importante en las áreas rurales, que viven de la producción agrícola y el comercio generado por ventas a los visitantes.

La variable “*Impacto de la electrificación en ZNI*” significativa al 5%, con un nivel de confiabilidad del 95%, indica que por cada unidad de electrificación que se le da a una ZNI se genera una disminución del 4,3% del índice de desarrollo municipal.



## 7. Conclusiones

En el caso del INDEMUN se observó el que el hecho de tener variables financieras que, en la población investigada, municipios de áreas rurales pertenecientes a ZNI, tienen pocas o nulas probabilidades de aumentar dado el atraso social, educativo y la reducida cantidad nichos laborales que presentan las zonas generaron un R no tan alto como el del IPM.

En esta investigación, como en el caso de Bensch, G., Kluve, J., & Peters, J. (2011), se realizó un modelo econométrico que midiese el impacto, no obstante, la probabilidad de electrificación de estas zonas, a diferencia de las áreas rurales que fueron evaluadas en Ruanda, no pueden ser calculadas a partir de una probabilidad, dado que en Colombia la electrificación es llevada a través de subastas públicas para operadores de Zonas No Interconectadas que lanza periódicamente el Ministerio de Minas y Energías según el PIEC y cuya probabilidad de financiamiento por fondos como el FAZNI o FAER no se encuentra estipulada de manera explícita, a excepción de la importancia que tiene el costo inicial del proyecto. (CREG)

Los resultados hallados en el análisis descriptivo, en donde los hechos violentos disminuían de manera reducida se vió reflejado en el efecto mínimo observado en los resultados del modelo anterior así como los demás resultados correspondieron a lo hallado en el análisis descriptivo, como pudo observarse, un aumento del índice de pobreza multidimensional y una disminución del índice de desarrollo municipal.

Según los resultados encontrados por Barreto y Campo (2012) y por Akarca y Long (1890), en donde los factores externos alteraban los resultados pues generaban un sesgo no observado por períodos de crisis económica y violencia, se encontró que estos no obtuvieron la relevancia esperada en el caso de INDEMUN en donde los *desplazamientos* reducen drásticamente el desarrollo municipal, para IPM, no se encontró ningún factor asociado a violencia que genera un impacto.

Dentro de lo esperado, se encontró que tener *una mayor dificultad para acceder a servicios básicos* aumenta el índice de pobreza, pues su ausencia supone la falta de cobertura de las necesidades básicas a las que cualquier ciudadano debería poder acceder. Así mismo, el *analfabetismo* que indica la población que no tiene conocimientos mínimos de educación (saber escribir y leer) aumenta el IPM

y disminuye el INDEMUN, pero su incidencia según resultados es baja para la esperada, pues el supuesto dice que altas tasas de analfabetismo indica carencias educativas y descuido de la primera infancia, que será la fuerza laboral cuando entre en edad productiva, lo que impactaría negativamente en su desarrollo económico.

El *acceso a la seguridad social* tiene un efecto significativamente alto sobre el IPM y habla sobre la importancia de la presencia sistema político estatal, pues, al analizar los datos del acceso a seguridad social en ZNI se encontró que, en promedio, menos del 1% de la población ha podido acceder a salud y pensión e incluso, la sola identificación como ciudadano de Colombia.

El *impacto de la electrificación* logra un resultado contradictorio al esperado para ambos casos (tanto para INDEMUN como para IPM), pues, pese a ser significativo para ambos modelos, es positivo, aumentando la pobreza para ambos situación que podría ser explicada por factores no controlados dentro de esta investigación como la incidencia de la corrupción, las implicaciones que pudo haber tenido el aumento tarifario al momento de generarse la electrificación en ZNI gracias a los altos costos de producción energética, aumentando el costo de vida (pago de servicios públicos) sin generar nuevos y significativos ingresos e incluso la regularidad o eficiencia con la que se mantiene el servicio eléctrico y si cambios bruscos como caídas eléctricas podrían afectar el desarrollo.

Según las investigaciones encontradas en para el desarrollo de este documento arrojaban resultados positivos en cuanto a la incidencia que tenía la electrificación en áreas rurales, lo cual si bien se vió representado en el IPM a nivel general para todas las ZNI, tanto electrificadas como no, no pudo determinarse que esta mejora se debiera explícitamente a la electrificación municipal, y puede sesgarse por factores no dimensionados dentro de la investigación. Se esperaba entonces, que basados en la investigación más cercana realizada por Bensch, G., Kluve, J., & Peters, J. (2011), al usar un modelo similar a este, de diferencia de diferencias, se obtuviesen resultados que demostraran que el efecto era positivo en áreas similares a las halladas al generla desarrollo no obstante fue todo lo contrario.

Para futuras investigaciones, un factor importante que debería tenerse en cuenta, que no es parte del alcance en este trabajo, es las características culturales de las ZNI, que en su mayoría son territorios con alta población étnica (Raizál, indígena, , Afrodescendientes, etc) cuyas arraigadas creencias y estilo de vida podrían modificar de manera significativa las mediciones sobre el desarrollo

socioeconómico al no controlar variables como la accesibilidad a sus territorios y la implementación de proyectos estatales, para investigar la incidencia de estas al momento de generar proyectos de electrificación (o en general) heterogeneidad étnica

Este factor podría explicar los resultados obtenidos en la incidencia de la electricidad en las ZNI en cuanto al IPM ya que algunas variable usadas en su cálculo no contemplan vertientes para población étnica, lo que implicaría necesariamente que el vivir en hogares construidos con materiales naturales o que numerosas familias vivan en un mismo lugar sea considerado hacinamiento y por consiguiente, un indicio de pobreza, es decir que en poblaciones como la del Amazonas o la Wayuu, cuyos materiales de construcción son netamente orgánicos y que además asumen como innecesaria la implementación de sistemas eléctricos o alcantarillados (variables de gran relevancia dentro de los índices medidores de desarrollo) el desarrollo o disminución de la pobreza estaría ligado con el cambio cultural o más bien con la “*desculturalización*” de su identidad.

Finalmente, y como la resolución 180465 de marzo del 2012 (FAER) y la Ley 633 de 2000 artículo 8.2 (FAZNI) “*Presentación de los planes, programas y proyectos*” establecen la necesidad de realizar una evaluación del impacto social y económico que los proyectos, programas y planes de electrificación tendrán o tuvieron sobre las áreas en donde se hayan o se fuesen a aplicar. Es esta falta de evaluaciones posteriores a la implementación de los distintos sistemas eléctricos la que impide hacer análisis correcto sobre la destinación de fondos invertidos y aún más sobre la efectividad de sus proyectos distinta a la implementación que, sin seguimiento, se vuelve obsoleta e insostenible.

Así mismo, la falta de acceso a la información adecuada y respectiva disminuyó la probabilidad de mejorar el modelo con variables de control usadas en las investigaciones anteriormente mencionadas como corrupción con Dinkelman, Taryn (2011), así mismo, en investigaciones como la de Bench, G, difícilmente se podría acceder a este tipo de información, dado que esta extrajo datos confiables a partir de una investigaciones realizada por una empresa promotora de electricidad, sin duda alguna, la información en Colombia supone un reto mayor para la investigación de este sector y aún más de su incidencia en el desarrollo.

Así, la importancia de evaluaciones que determinen porqué, como en este caso, la implementación de sistema eléctricos genera un aumento de la pobreza y no una disminución, a diferencia de otros como

los presentados por Dinkelman, Taryn (2011) donde se crean empleos o Bensch, G., Kluve, J., & Peters, J(2011) que explica las implicaciones positivas de estos sistemas para áreas rurales.

## 8. Bibliografía

- Kraft, John, and Arthur Kraft. (1972) "On the relationship between energy and GNP." *The Journal of Energy and Development* (1978): 401-403.
- Akarca, A. T., & Long, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: a reexamination. *The Journal of Energy and Development*, 326-331.
- BARRETO, CY CAMPO. "J.(2012). Relación de largo plazo entre el consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel." *ECOS de Economía* 16.35".
- Flórez Acosta, J. H., Tobón Orozco, D., & Castillo Quintero, G. A. (2009). ¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia?: un análisis de la estructura institucional. *Cuadernos de Administración*, 22(38).
- CONPES 3050, "Estrategias y acciones para la energización de las zonas no interconectadas del país", <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3055.pdf>
- Ley 143 de 1994, "Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia, energética"  
[https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley\\_143\\_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e)
- Kim, Seung Lae, Jack C. Hayya, and Jae-Dong Hong. "Setup reduction in the economic production quantity model." *Decision Sciences* 23.2 (1992): 500-508.
- Chossudovsky, Michel. "Global Poverty in the late 20th Century. Economic Depression and the New World Order." *Global Research*, January 26 (2002).
- Habitat, O. N. U. "Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe." *Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ROLAC), Rio de Janeiro, Brasil. Pamela Cáceres* (2010).
- Perales, José Antonio Sanahuja. "De los Objetivos del Milenio al desarrollo sostenible: Naciones Unidas y las metas globales post-2015." *Anuario Ceipaz* 7 (2014): 49-84.
- Best, Rohan, and Paul J. Burke. "The importance of government effectiveness for transitions toward greater electrification in developing countries." *Energies* 10.9 (2017): 1247.
- Dasso, Rosamaría, and Fernando Fernandez. "The effects of electrification on employment in rural Peru." *IZA Journal of Labor & Development* 4.1 (2015): 6.
- Kanagawa, Makoto, and Toshihiko Nakata. "Analysis of the energy access improvement and its socio-economic impacts in rural areas of developing countries." *Ecological economics* 62.2 (2007): 319-329.

Habitat, O. N. U. "Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe." *Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ROLAC), Rio de Janeiro, Brasil. Pamela Cáceres (2010).*

Roche, O. M., and Richard E. Blanchard. "Design of a solar energy centre for providing lighting and income-generating activities for off-grid rural communities in Kenya." *Renewable Energy 118 (2018): 685-694.*

Croke, Barry, et al. "An integrated approach to improving rural livelihoods: examples from India and Bangladesh." *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences 376 (2018): 45-50.*

Shcherbina, Elena, and Elena Gorbenkova. "Smart City Technologies for Sustainable Rural Development." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 365. No. 2. IOP Publishing, 2018.*

Hidalgo, L. C. (2015). De las luchas estudiantiles a las filas de la revolución. Historia del MUI en la Escuela de Servicio Social de la Universidad de Concepción, de Luis Cáceres Hidalgo. *Rumbos TS. Un espacio crítico para la reflexión en Ciencias Sociales, (12), 150-151.*

IPM, significado, <http://hdr.undp.org/en/node/2515>

Bensch, G., Kluve, J., & Peters, J. (2011). *Impacts of rural electrification in Rwanda. Journal of Development Effectiveness, 3(4), 567-588.*

Dinkelman, T. (2011). *The effects of rural electrification on employment: New evidence from South Africa. American Economic Review, 101(7), 3078-3108.*

IPM definición Colombia, Prosperidad para todos:

[http://www.prosperidadsocial.gov.co/inf/not/Paginas/Prosperidad-Social-lidera-en-Colombia-la-implementaci%C3%B3n-del-%C3%8Dndice-de-Pobreza-Multidimensional-\(IPM\).aspx](http://www.prosperidadsocial.gov.co/inf/not/Paginas/Prosperidad-Social-lidera-en-Colombia-la-implementaci%C3%B3n-del-%C3%8Dndice-de-Pobreza-Multidimensional-(IPM).aspx)

INDEMUN, definición,

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Metodologia%20INDEMUN.pdf>

Definición de las variables para el desarrollo del INDEMUN,

<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Estudios-Territoriales/Indicadores-y-Mediciones/Paginas/desempeno-integral.aspx>

Definición Variables IPM,

[https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/%C3%8Dndice%20de%20Pobreza%20Multidimensional%20\(IPM-Colombia\)%201997-2008.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/%C3%8Dndice%20de%20Pobreza%20Multidimensional%20(IPM-Colombia)%201997-2008.pdf)

Normativas ZNI, evolución histórica ZNI.

<http://www.fcenew.unal.edu.co/publicaciones/imagenes/documentos-econografos-economia-65.pdf>

Rodríguez Asien, E. (2015) "Algunos aspectos del desarrollo económico de Japón y los tigres asiáticos. *Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad del Japón, 22*".

Definición crecimiento Económico y desarrollo económico (2015), "Análisis económico de la población *Demográfica, Lambayeque, Perú*"

Castillo (2011) "Política económica: Crecimiento económico, desarrollo económico, desarrollo sostenible"

PIB, definición, [https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq\\_pib.pdf](https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq_pib.pdf)