

Proyectos de electrificación off-grid en Colombia: un análisis a través de dinámica de sistemas

Estefany Garcés A., PhD c. Universidad Nacional de Colombia, egarces@unal.edu.co

Dra. Julia Tomei, Institute Sustainable Resources, UCL, j.tomei@ucl.ac.uk

Dr. Carlos J. Franco C., Universidad Nacional de Colombia, cjfranco@unal.edu.co

Dr. Isaac Dynner R., Universidad Jorge Tadeo Lozano, isaac.dynerr@utadeo.edu.co

1. Introducción

Alrededor de 1,100 millones de personas en el mundo aún carecen de acceso a electricidad (IEA, 2017), esta problemática se agudiza al considerar que el 84% de la población sin acceso a la energía eléctrica se encuentra ubicada en zonas rurales remotas de países en vía de desarrollo (Azimoh, Klintenberg, Mbohwa, & Wallin, 2017). En general, las zonas rurales de los países en desarrollo se caracterizan por tener una baja densidad poblacional, asentamientos dispersos, geográficamente aislados y de difícil acceso, que hace inviable la conexión a la red eléctrica nacional y por lo que se conocen como comunidades fuera de red (Javadi et al., 2013; Mandelli, Barbieri, Mereu, & Colombo, 2016; Palit & Chaurey, 2011; Terrado, Cabraal, & Mukherjee, 2008).

Sumado a lo anterior, estas comunidades son afectadas por la alta tasa de analfabetismo, la desigualdad de género, la falta de infraestructura eléctrica e infraestructura en general (camino, mercados y centros de comunicación), donde las comunidades están conformadas por hogares de bajos ingresos, que carecen de educación, salud y servicios básicos (Haghighat Mamaghani, Avella Escandon, Najafi, Shirazi, & Rinaldi, 2016; Javadi et al., 2013; Mandelli et al., 2016; Palit & Chaurey, 2011; Terrado et al., 2008), volviendo en un reto los proyectos de electrificación en estas zonas.

Colombia no es ajena a esta problemática, según el informe 2017 del World Energy Outlook, el país cuenta con 1 millón de personas sin acceso a la electricidad, en su mayoría en zonas rurales, pues según el mismo informe, la tasa de electrificación urbana es del 100% mientras que la tasa de electrificación rural es del 87% (IEA, 2017). Dichas personas sin acceso al servicio eléctrico en las zonas rurales del país conforman las comunidades fuera de red de Colombia, las cuales se encuentran ubicadas en lo que conocemos como Zonas No Interconectadas (ZNI).

Las ZNI en Colombia se definen como todos aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) (Congreso de Colombia, 2003). El suministro eléctrico en estas zonas depende principalmente del uso de combustibles fósiles (de 227,439 kW sólo 6,787 kW son renovables) (IPSE, 2018).

El servicio eléctrico en las ZNI se caracteriza por su baja calidad (confiabilidad y disponibilidad), altas pérdidas técnicas y altos precios, esto último se vincula directamente con el precio del combustible. Además, una marcada cultura de no pago y usuarios con muy bajos ingresos dificultan la viabilidad de los modelos de negocio, por ejemplo, en cuanto al recaudo de dinero necesario para la operación de las plantas (Franco, Dynner, & Hoyos, 2008).

A pesar de la problemática, Colombia se ha esforzado para llevar el servicio eléctrico a todos sus rincones del país, a través de diferentes instituciones (IPSE), fondos (FAZNI) y subsidios (FSSRI para ZNI), y en este sentido ha avanzado en el difícil camino de la electrificación fuera de red. Sin embargo, aún no logra alcanzar el 100% de cobertura y persisten cuestionamientos en torno a la sostenibilidad de las soluciones en las llamadas Zonas No Interconectadas (ZNI) (MINMINAS & UPME, 2015; UPME, 2015).

El objetivo de este paper es mostrar cómo se ha conceptualizado la problemática de la falta de acceso a electricidad en pequeñas comunidades fuera de red en Colombia, haciendo uso de dinámica de sistemas, con el propósito adquirir una mayor comprensión de la problemática en cuanto a las interacciones existentes entre la comunidad, las soluciones de electrificación y los modelos de negocio usados con el fin de proporcionar el servicio eléctrico en estas zonas.

2. Metodología

La dinámica del sistema puede ser una herramienta poderosa para comprender la dinámica, especialmente los comportamientos de retroalimentación, en muchos sistemas sociales, ecológicos y económicos, donde se buscan vías sostenibles. Junto con las simulaciones cuantitativas (los modelos de simulación de niveles y flujos), la dinámica de sistemas ofrece herramientas cualitativas (por ejemplo, diagramas causales y arquetipos) (Nabavi, Daniell, & Najafi, 2017) para mejorar la comprensión de los sistemas y las interacciones entre los componentes de estos.

Se utiliza dinámica de sistemas, pues de acuerdo con (Cosenz & Noto, 2018) la combinación de esquemas de modelo de negocios convencionales con el modelado de dinámica de sistemas da como resultado una herramienta de diseño de estrategia que puede superar varias limitaciones relacionadas con una vista estática de la representación de un modelo de negocio.

3. Resultados esperados

Conceptualización de las interacciones que se presentan entre la demanda, la oferta y el acceso al servicio eléctrico en una comunidad fuera de red a través de un diagrama causal (hipótesis dinámica).

A través de un modelo de simulación de niveles y flujos, obtener el comportamiento de la demanda, la oferta y los flujos de caja en el tiempo (20 años) de un proyecto de electrificación fuera de red haciendo uso de micro redes en una comunidad específica de Colombia.

4. Conclusiones

La dinámica del sistema puede ser una herramienta adecuada para comprender la dinámica, especialmente los comportamientos de retroalimentación, que se presentan entre los diferentes agentes que conforman un proyecto de electrificación fuera de red.

A través de un modelo de simulación en dinámica de sistemas se pueden evaluar diferentes decisiones directamente relacionadas con los modelos de negocio (tarifarias, de número de horas de prestación del servicio, del mix de tecnologías, entre otras), y observar el impacto que estas decisiones tienen sobre el sistema de electrificación fuera de red.

Referencias

- Azimoh, C. L., Klintenberg, P., Mbohwa, C., & Wallin, F. (2017). Replicability and scalability of mini-grid solution to rural electrification programs in sub-Saharan Africa. *Renewable Energy*, *106*, 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.01.017>
- Congreso de Colombia. Ley 0855 de 2003. Por la cual se definen las Zonas No Interconectadas (2003). Retrieved from http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html
- Cosenz, F., & Noto, G. (2018). A dynamic business modelling approach to design and experiment new business venture strategies. *Long Range Planning*, *51*(1), 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.07.001>
- Franco, C., Dyer, I., & Hoyos, S. (2008). Contribución De La Energía Al Desarrollo De Comunidades Aisladas No Interconectadas: Un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenible en el suroccidente colombiano. *Dyna*, *75*(154), 199–214. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615420>
- Haghighat Mamaghani, A., Avella Escandon, S. A., Najafi, B., Shirazi, A., & Rinaldi, F. (2016). Techno-economic feasibility of photovoltaic, wind, diesel and hybrid electrification systems for off-grid rural electrification in Colombia. *Renewable Energy*, *97*, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.086>
- IEA. (2017). *Electricity Access Database 2017*. Retrieved from <https://www.iea.org/energyaccess/database/>
- IPSE. (2018). Contexto ZNI. Retrieved October 12, 2018, from <http://190.216.196.84/cnm/imag.php?v1=1.png>
- Javadi, F. S., Rismanchi, B., Sarraf, M., Afshar, O., Saidur, R., Ping, H. W., & Rahim, N. A. (2013). Global policy of rural electrification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *19*, 402–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.053>
- Mandelli, S., Barbieri, J., Mereu, R., & Colombo, E. (2016). Off-grid systems for rural electrification in developing countries: Definitions, classification and a comprehensive literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *58*, 1621–1646. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.338>
- MINMINAS, & UPME. (2015). Guía para elaboración de un plan de energización rural sostenible: “La energía como un medio para el desarrollo productivo rural.” Ministerio de Minas y Energía. Retrieved from http://www.siel.gov.co/portals/0/fondos/Guia_de_un_PERS.pdf
- Nabavi, E., Daniell, K. A., & Najafi, H. (2017). Boundary matters: the potential of system dynamics to support sustainability? *Journal of Cleaner Production*, *140*, 312–323. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.032>
- Palit, D., & Chaurey, A. (2011). Off-grid rural electrification experiences from South Asia : Status and best practices. *Energy for Sustainable Development*, *15*(3), 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.07.004>
- Terrado, E., Cabraal, A., & Mukherjee, I. (2008). Designing Sustainable Off-Grid Rural Electrification Projects: Principles and Practices. *Research Working Papers*, (November), 32. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5193>
- UPME. (2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. *Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*. Retrieved from http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf