



ACCESO A LA ELECTRICIDAD Y DESARROLLO RURAL

Access to electricity and rural development
Acesso à eletricidade e desenvolvimento rural

Edith Nolasco-Benitez¹  & Oriol Gomis-Bellmunt¹ 

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona - Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona-España. Correo: edith.nolasco@upc.edu, oriol.gomis@upc.edu

Fecha de recepción: 03 de junio de 2021.
Fecha de aceptación: 27 de agosto de 2021.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El acceso a la electricidad influye significativamente en muchos aspectos de la sociedad y se reconoce su importancia en la vida cotidiana. **OBJETIVO.** Analizar la literatura sobre el acceso a la electricidad en zonas rurales, su impacto en el desarrollo social, medio ambiente y economía. **MÉTODO.** La investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica y se clasificó los aspectos que influyen en el desarrollo de la electrificación rural. **RESULTADOS.** Se caracterizó las variables que definen el estudio de la electrificación en zonas rurales y se determinó que se debe tener un enfoque integral en la implementación de los programas de electrificación para lograr la sostenibilidad. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** Se confirma que la electrificación y el desarrollo de las comunidades rurales presentan relaciones complejas y es necesario continuar con el análisis de las diferentes dimensiones de la electrificación.

Palabras claves: Electrificación, desarrollo rural, energía renovable.

ABSTRACT

INTRODUCTION. Access to electricity significantly influences many aspects of society and its importance in everyday life is recognized. **OBJECTIVE.** Analyze the literature on access to electricity in rural areas, its impact on social development, the environment and the economy. **METHOD.** The research was developed through a bibliographic review and the aspects that influence the development of rural electrification were classified. **RESULTS.** The variables that define the study of electrification in rural areas were characterized and it was determined that a comprehensive approach must be taken in the implementation of electrification programs to achieve sustainability. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** It is confirmed that electrification and





the development of rural communities show complex relationships and it is necessary to continue with the analysis of the different dimensions of electrification.

Keywords: Electrification, rural development, renewable energy.

RESUMO

INTRODUÇÃO. O acesso à eletricidade influencia significativamente muitos aspectos da sociedade e sua importância na vida cotidiana é reconhecida. **OBJETIVO.** Analisar a literatura sobre o acesso à eletricidade em áreas rurais, seu impacto no desenvolvimento social, no meio ambiente e na economia. **MÉTODO.** A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e foram classificados os aspectos que influenciam o desenvolvimento da eletrificação rural. **RESULTADOS.** Foram caracterizadas as variáveis que definem o estudo da eletrificação em áreas rurais e determinou-se que uma abordagem abrangente deve ser adotada na implementação de programas de eletrificação para alcançar a sustentabilidade. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Confirma-se que a eletrificação e o desenvolvimento das comunidades rurais apresentam relações complexas e é necessário continuar com a análise das diferentes dimensões da eletrificação.

Palavras-chave: Eletrificação, desenvolvimento rural, energias renováveis.

INTRODUCCIÓN

El acceso universal a la electricidad ha tomado mayor importancia en los últimos años al ser uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El progreso de los planes de electrificación en los países en vías de desarrollo en Latinoamérica ha sido considerable. De acuerdo al Banco Mundial, América Latina y el Caribe en el 2018 presentaron un 98.3 % de acceso a la electricidad [1].

En este sentido, el sector eléctrico influye significativamente en muchos aspectos de la sociedad, por lo que, se reconoce la importancia de la electricidad en la vida cotidiana. No obstante, la crisis energética generada por la escasez de los recursos fósiles y el cambio climático exige innovar este sector para generar nuevos modelos de suministro de electricidad [2][3].

El acceso a los servicios eléctricos básicos depende de los recursos del territorio y de la infraestructura instalada, por esta razón, es necesario impulsar la sostenibilidad energética a través del ahorro de energía, de la eficiencia energética y la integración de la generación renovable distribuida para garantizar el acceso a la electricidad [4].

La demanda de energía a nivel mundial sigue en constante aumento de acuerdo al crecimiento y desarrollo de la población. Y con esto, la accesibilidad a la electricidad sigue siendo un problema global, puesto que, alrededor del 13% de la población mundial vive sin acceso a la energía eléctrica [5].

La mayor parte de la población sin acceso a la electricidad está ubicada en áreas rurales de países en vías de desarrollo [6]. Siendo este uno de los principales obstáculos para el desarrollo económico y social de estas comunidades [7], en donde la extensión de la red nacional no es una solución viable debido a los altos costos que implica la





electrificación [8]. Esto provoca que las familias dependan de alternativas de generación a base de combustibles fósiles como el queroseno y el diésel [9].

La estrategia más común para llevar a cabo la electrificación ha sido la extensión de la red nacional proveniente de una generación centralizada que es distribuida a la población. Sin embargo, cuando se trata del área rural, no se puede aplicar la misma estrategia de instalación debido a las condiciones geográficas y a la dispersión de las comunidades [10].

La electrificación es un indicador de desarrollo y la integración de generación renovable y distribuida es una alternativa para las zonas remotas sin suministro de energía [11]. Además, los costos decrecientes de las tecnologías de generación de energía renovable hacen viable la implementación de este tipo de sistemas [12]. En consecuencia, la lógica del suministro de energía evoluciona hacia la generación renovable distribuida [13].

La electrificación descentralizada representa una alternativa viable para el abastecimiento eléctrico de las comunidades que se encuentran en zonas aisladas y rurales [14]. Las fuentes de energía renovable existen en casi todas las regiones del mundo, en contraste con los combustibles fósiles, que se concentran en algunas áreas [15]. Sin embargo, es necesario garantizar la sustentabilidad financiera de los proyectos considerando los costos de operación y mantenimiento.

La electrificación rural incentiva el desarrollo socioeconómico de las comunidades [16]. Y, los beneficios se ven reflejados en el incremento de calidad de vida reduciendo la pobreza [17]. Además, mejora la productividad de la industria y la creación de trabajos nocturnos. Por lo cual, los programas implementados en distintas comunidades rurales de los países en vías de desarrollo buscan cumplir con tales expectativas.

El consumo eléctrico en los hogares de zonas rurales se limita a las necesidades básicas como iluminación, comunicación (radio y TV) y carga de teléfonos [18]. Debido a que el consumo de carga sigue siendo bajo, se han implementado sistemas de energía renovable a pequeña escala para aliviar las dificultades de electricidad de las familias. Por lo tanto, en la mayoría de casos, las instalaciones de sistemas autónomos y proyectos de micro-redes renovables han sido una solución eficaz.

Se han conducido múltiples investigaciones en busca de soluciones viables para electrificar zonas aisladas y rurales. Algunos de estos estudios se han centrado únicamente en el aspecto técnico. Por ejemplo, se analizan las tecnologías óptimas de acuerdo a los recursos energéticos disponibles en la región [19]. Así como el análisis de la demanda energética de la comunidad [9] y actividades de operación y mantenimiento [20]. Y, para proporcionar seguridad energética también se estudia la integración de sistemas de almacenamiento de energía [21][22].

El aspecto económico en la electrificación rural también se ha estudiado ampliamente. El cual está relacionado no sólo con el costo de la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica [23] y la disposición del usuario a pagar por electricidad [8]. También tiene relación con la financiación de los proyectos, con los





actores del proceso de financiamiento ya sean con las entidades de gobierno, agencias internacionales o subsidios de algunas dependencias no gubernamentales [24].

Otros estudios se centran en el impacto que se tiene en el medio ambiente cuando se lleva a cabo la implementación de proyectos de electrificación [25]. Se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero [26], la sensibilización sobre el impacto que tiene la industria eléctrica y la oposición de algunas comunidades a la construcción de nuevas líneas de transmisión o la implementación de proyectos de generación eléctrica [27].

En el ámbito institucional y político se analiza la política energética, las instituciones de gobierno y a los tomadores de decisión en política pública. De la misma manera, se analiza la reducción y la dependencia de combustibles fósiles, así como la transición energética [28] y la diversificación de la matriz de recursos primarios del país para reducir la vulnerabilidad de la cadena de suministro en sistemas centralizados [29].

En cuanto al ámbito social, se estudia la importancia de la electrificación rural en las comunidades. En principio, se analiza la contribución del desarrollo local, la generación de ingresos y la salud [30], seguido por el interés de los usuarios por las tecnologías verdes. No obstante, el estudio enfocado al desarrollo social y económico de los colectivos en el medio rural no han sido profundizados como los demás aspectos involucrados en el proceso de electrificación. Así mismo, la escasa participación civil se ve reflejada en los resultados de estos estudios.

Algunos autores han identificado limitaciones en los diferentes estudios de electrificación rural, muchos aspectos sociales han escapado de la atención de los autores por el uso excesivo de un enfoque centrado en aspectos técnicos y económicos [27][31][32]. Otra visión de la electrificación rural propone complementar el estudio de los proyectos de electrificación rural con un enfoque al desarrollo humano y transitar hacia nuevas maneras de vincular energía, territorio y sociedad [33].

Si bien es cierto, todos los aspectos técnicos, económicos, sociales, ambientales, políticos o institucionales son importantes para mejorar el acceso a la energía eléctrica, la caracterización del impacto de electrificación en el aspecto social, cultural y económico también es importante para lograr la sostenibilidad de los programas de electrificación rural. Por esta razón, en esta investigación se propone un enfoque integral para estudiar los elementos esenciales que aseguran el éxito de la sostenibilidad de electrificación y el desarrollo rural de las comunidades.

MÉTODO

En esta investigación se exploró el conocimiento actual sobre la electrificación rural y se realizó una revisión de la bibliografía [34][35]. En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del método revisión bibliográfica. Se utilizaron operadores booleanos OR & AND & NOT para combinar las palabras claves y de esta manera ampliar o limitar los resultados de la búsqueda en las principales bases de datos académicas tales como Web of Science (WoS) y Scopus. Una vez obtenido el conjunto inicial de documentación,



se han fijado filtros de periodo del tiempo y tipo de documentos. Finalmente, se clasificó y analizó artículos para proceder a la interpretación y presentación de resultados.

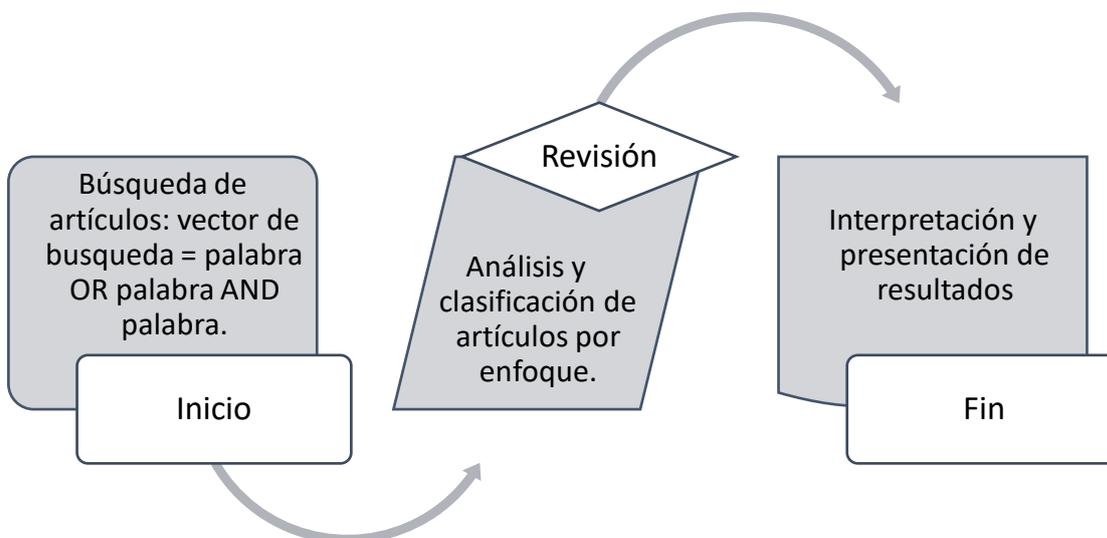


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica.

Las palabras claves utilizadas en la búsqueda fueron: rural electrification, development y renewable energy. Además, se realizó una revisión de títulos y resúmenes para llevar a cabo la evaluación y selección de estudios que serían objeto de estudio. Estableciendo como criterio que se trataran de estudios sobre electrificación rural de países en vías de desarrollo de los últimos 5 años. Este proceso permitió excluir los estudios que no cumplían con los criterios de selección. Tras esa fase, el número de trabajos a revisar ha sido de 30.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la investigación [34]. La tabla 1 muestra el enfoque y los parámetros considerados en el análisis de electrificación rural. Para facilitar el análisis de los artículos, el enfoque se ha clasificado de la siguiente manera: técnico, económico, político o institucional, social y ambiental. Esta clasificación permite visualizar el vacío de conocimiento en la electrificación rural y el desarrollo de las comunidades.

El análisis de los 30 trabajos seleccionados mostró que el aspecto técnico y económico han sido estudiados ampliamente por la mayoría de los autores. Aunque este aspecto predomina, también hay un análisis considerable de las políticas energéticas y el medio ambiente. Por lo cual, debe señalarse que es necesario profundizar en el estudio del aspecto social. También, se puede observar que algunos autores están optando por un análisis integral al reportar las lecciones aprendidas de los programas

de electrificación rural, además de incluir casos de estudio en zonas rurales y aisladas de países como Latinoamérica y el Caribe, Asia o África.

Tabla 1. Comparación de la literatura según el enfoque de investigación.

Título	Enfoque	Muestra	Ubicación
A design methodology of stand-alone photovoltaic power systems for rural electrification [15]	Técnico	93 viviendas de zonas rurales	Marruecos
A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries [9]	Técnico-Económico	Zonas rurales	Países en vías de desarrollo
Accelerating renewable energy electrification and rural economic development with an innovative business model: A case study in China [36]	Económico-Político	Producción agrícola	China
An analysis of renewable mini-grid projects for rural electrification [37]	Técnico	104 microgrids	Alrededor del mundo
Analysis of electrification strategies for rural renewable electrification in developing countries using agent-based models [14]	Técnico-Económico-Institucional	Simulaciones en zonas rurales	Países en vías de desarrollo
Analysis of the pattern of energy consumptions and its impact on urban environmental sustainability in Jordan: Amman City as a case study [38]	Técnico-Ambiental	Ciudad de Amman	Jordania
Barriers to electrification in Latin America: Income, location, and economic development [39]	Económico	12 países	América Latina
Comparative evaluation of rural electrification project plans: A case study in Mexico [40]	Institucional	3 planes en Chiapas	México
Decentralised electric power delivery for rural electrification in Pakistan [8]	Técnico	6 comunidades	Pakistán
Economic feasibility of solar PV system for rural electrification in Sub-Saharan Africa [17]	Técnico-Económico	Zona rural Gusau	África
Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling [41]	Económico-Social	Rural escenario	Países en vías de desarrollo

Electrification pathways for Tanzania: Implications for the economy and the environment [20]	Económico-Ambiental	4 escenarios	Tanzania
----------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	--------------	----------

Continuación de la Tabla 1.

End-user perceptions of success and failure: Narratives from a natural laboratory of rural electrification projects in Malaysian Borneo [42]	Técnico-Social	Zona montañosa de Kelabit	Malasia
Formative evaluation of sustainability in rural electrification programs from a management perspective: A case study from Venezuela [43]	Técnico-Económico-Social-Ambiental-institucional	22 comunidades	Venezuela
How to achieve full electrification: Lessons from Latin America [24]	Político	Latinoamérica	América
Independent solar photovoltaic with Energy Storage Systems (ESS) for rural electrification in Myanmar [44]	Técnico	Simulaciones zona rural Myanmar	Birmania
Lessons Learned from Rural Electrification Experiences with Third Generation Solar Home Systems in Latin America: Case Studies in Peru, Mexico, and Bolivia [45]	Técnico-Económico-Social-Ambiental-institucional	Perú, México y Bolivia	América Latina
Lessons learned from rural electrification initiatives in developing countries: Insights for technical, social, financial and public policy aspects [16]	Técnico-Económico-Social-Ambiental-institucional	Iniciativas de ocho países	Países en vías de desarrollo
Photovoltaic/battery system sizing for rural electrification in Bolivia: Considering the suppressed demand effect [46]	Técnico	Simulación zonas aisladas	Bolivia
Renewable microgrid projects for autonomous small-scale electrification in Andean countries [47]	Técnico	Proyectos en Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela	América del Sur
Rural electricity access in India in retrospect: A critical rumination [48]	Político	5 planes electrificación	India
Rural electrification and expansion planning of off-grid microgrids [49]	Económico	4 modelos de negocios	Países en vías de desarrollo
Small scale concentrating solar plants for rural electrification [10]	Técnico	35 plantas	África



Socio-economic and environmental impacts of rural electrification with Solar Photovoltaic systems: Evidence from southern Ethiopia [30]

Económico-Social-Ambiental

605 viviendas rurales

Etiopía



Continuación de la Tabla 1.

Solar resource assessment for rural electrification and industrial development in the Yucatan Peninsula (Mexico) [18]	Técnico	13 mapas del recurso solar	México
System-dynamics modelling of the electricity-development nexus in rural electrification based on a Tanzanian case study [50]	Técnico	Comunidad Ikondo	Tanzania
Techno-economic analysis of hybrid system for rural electrification in Cambodia [7]	Técnico-Económico	3 escenarios en zona rural	Camboya
Techno-economic analysis of microgrid projects for rural electrification: A systematic approach to the redesign of Koh Jik off-grid case study [51]	Técnico-Económico	Microgrid en Koh Jik	Tailandia
The effects of rural electrification in India: An instrumental variable approach at the household level [52]	Económico	Política energética de Uttar Pradesh	India
The nexus between access to electricity and labour productivity in developing countries [53]	Económico-Político	56 países en vías de desarrollo	Alrededor del mundo

También se puede observar que hay un consenso en la terminología utilizada para referirse al proceso de electrificación rural. Aunque el enfoque de estudio y los resultados obtenidos de cada publicación difieran, la importancia es la misma ya que todos los aspectos están interconectados entre sí. Finalmente, se infiere que un enfoque integral es necesario para profundizar en el estudio de la electrificación, el desarrollo rural y la sostenibilidad.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El acceso a la energía es esencial para el desarrollo de los países y el sector eléctrico está presente en cada aspecto de la vida cotidiana. Por esta razón, con el fin de alcanzar el acceso universal a la electricidad tal como se indica en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se estudia la electrificación y su relación con el desarrollo rural. La literatura indica que la electrificación rural incentiva el desarrollo socioeconómico de las comunidades y los beneficios se ven reflejados en el incremento de calidad de vida.

La investigación orientada a la electrificación rural es extensa y para optimizar el análisis de ésta, se ha clasificado de acuerdo a su enfoque: técnico, económico, político, institucional, social y ambiental. Sin embargo, es necesario profundizar el estudio sobre el uso de la electricidad ya que está interconectado a través de relaciones complejas



que incluyen el territorio, la economía, la cultura, los hábitos y la técnica. Por esta razón, se debe profundizar el estudio del aspecto social y continuar con el análisis de las diferentes dimensiones de la electrificación y desarrollo rural tal como lo sugieren algunos autores [32][33][43][45].

Así como la evaluación de proyectos de electrificación en países en vías de desarrollo ha permitido identificar los aciertos y errores en sitio y ha dejado múltiples lecciones a considerar en la implementación de nuevos proyectos [54]. De la misma manera, es necesario evaluar y estudiar la relación de la electrificación con el desarrollo rural de las comunidades y la sostenibilidad [32].

Por tanto, para estudiar el uso de la electricidad en las comunidades rurales es preciso considerar e identificar las características de la comunidad, las necesidades emergentes y aspiraciones de la población rural [33]. Hasta ahora, la mayoría de los estudios se han enfocado principalmente en analizar la viabilidad técnica y económica de los proyectos [27][31][43]. Esto, para determinar la factibilidad de estos proyectos y definir los beneficios económicos. Lo cual, ha dejado de lado el estudio al desarrollo social y económico y sus relaciones con la electrificación.

Involucrar a las comunidades en los programas de electrificación no sólo incrementa las posibilidades de éxito del proyecto. Además, es clave para lograr la sostenibilidad y el descubrimiento de todos los beneficios sociales y económicos potenciales de la electrificación [37][45]. Por otra parte, permite entender las relaciones complejas que se generan en cuanto al uso de electricidad.

En una futura publicación, podría plantearse el desarrollo de una metodología integral para evaluar el impacto que ha tenido la electrificación en las comunidades aisladas y rurales de los países en vías de desarrollo.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por la Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no declaran un conflicto de interés al desarrollar la investigación.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se hace un aporte al proceso de evaluación de la electrificación rural de los países en desarrollo. Los investigadores en sus publicaciones han abarcando los factores técnicos, sociales, ambientales, económicos e institucionales necesarios para alcanzar la electrificación rural. Por lo cual, este análisis ayuda a complementar los aspectos a estudiar dentro de la electrificación rural.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Edith Nolasco Benítez realizó la recolección de datos y escribió el documento original y Oriol Gomis Bellmunt aportó los elementos metodológicos para orientar la





investigación y redacción, discutió los resultados y contribuyó a la redacción del manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, por la organización del 1er Congreso en Sostenibilidad, Energía y Ciudad.

REFERENCIAS

- [1] B. mundial, "Acceso a la electricidad (% de población) - Latin America & Caribbean." 2021.
- [2] Furró E., *Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible*, 1st ed. Barcelona: Editorial Octaedro, S.L., 2016.
- [3] G. Riba, *El cost de l'energia*, 1st ed. Barcelona: Octaedro, 2016.
- [4] S. Feron, "Sustainability of Off-Grid Photovoltaic Systems for Rural Electrification in Developing Countries: A Review," 2016, doi: 10.3390/su8121326.
- [5] REN21, "Renewables 2019 Global Status Report," 2019.
- [6] A. for R. Electrification, "Annual Report 2018," 2018.
- [7] C. Lao and S. Chungpaibulpatana, "Techno-economic analysis of hybrid system for rural electrification in Cambodia," in *Energy Procedia*, 2017, vol. 138, pp. 524–529. doi: 10.1016/j.egypro.2017.10.239.
- [8] H. A. Khan, H. F. Ahmad, M. Nasir, M. F. Nadeem, and N. A. Zaffar, "Decentralised electric power delivery for rural electrification in Pakistan," *Energy Policy*, vol. 120, pp. 312–323, 2018, doi: 10.1016/j.enpol.2018.05.054.
- [9] E. I. Come Zebra, H. J. van der Windt, G. Nhumaio, and A. P. C. Faaij, "A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144. Elsevier Ltd, p. 111036, 2021. doi: 10.1016/j.rser.2021.111036.
- [10] M. E. Khodayar, "Rural electrification and expansion planning of off-grid microgrids," *Electricity Journal*, vol. 30, no. 4, pp. 68–74, 2017, doi: 10.1016/j.tej.2017.04.004.
- [11] H. Borhanazad, S. Mekhilef, R. Saidur, and G. Boroumandjazi, "Potential application of renewable energy for rural electrification in Malaysia," 2013, doi: 10.1016/j.renene.2013.03.039.
- [12] J. Morrissey, "Achieving Universal Electricity Access at the Lowest Cost A comparison of least-cost electrification models," 2019. doi: 10.13140/RG.2.2.23778.68807.





- [13] R. N. Dar-Mousa and Z. Makhamreh, "Analysis of the pattern of energy consumptions and its impact on urban environmental sustainability in Jordan: Amman City as a case study," *Energy, Sustainability and Society*, vol. 9, no. 1, p. 15, 2019, doi: 10.1186/s13705-019-0197-0.
- [14] J. F. Alfaro and S. A. Miller, "Analysis of electrification strategies for rural renewable electrification in developing countries using agent-based models," *Energy for Sustainable Development*, vol. 61, pp. 89–103, 2021, doi: 10.1016/j.esd.2021.01.004.
- [15] K. Ghaib and F. Z. Ben-Fares, "A design methodology of stand-alone photovoltaic power systems for rural electrification," *Energy Conversion and Management*, vol. 148, pp. 1127–1141, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2017.06.052.
- [16] A. López-González, B. Domenech, and L. Ferrer-Martí, "Formative evaluation of sustainability in rural electrification programs from a management perspective: A case study from Venezuela," 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.07.024.
- [17] R. Jimenez, "Barriers to electrification in Latin America: Income, location, and economic development," *Energy Strategy Reviews*, vol. 15, pp. 9–18, 2017, doi: 10.1016/j.esr.2016.11.001.
- [18] F. Benavente, A. Lundblad, P. E. Campana, Y. Zhang, S. Cabrera, and G. Lindbergh, "Photovoltaic/battery system sizing for rural electrification in Bolivia: Considering the suppressed demand effect," *Applied Energy*, vol. 235, pp. 519–528, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.10.084.
- [19] S. Rozakis, P. G. Soldatos, G. Papadakis, S. Kyritsis, and D. Papantonis, "Evaluation of an integrated renewable energy system for electricity generation in rural areas," *Energy Policy*, vol. 25, no. 3, pp. 337–347, 1997, doi: 10.1016/S0301-4215(96)00132-2.
- [20] D. F. Gómez-Hernández, B. Domenech, J. Moreira, N. Farrera, A. López-González, and L. Ferrer-Martí, "Comparative evaluation of rural electrification project plans: A case study in Mexico," *Energy Policy*, vol. 129, pp. 23–33, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.02.004.
- [21] S. Han and J. Kim, "An optimization model to design and analysis of renewable energy supply strategies for residential sector," *Renewable Energy*, vol. 112, pp. 222–234, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.05.030.
- [22] F. Díaz-González, A. Sumper, and O. Gomis-Bellmunt, *Energy Storage in Power Systems*. Wiley, 2016.
- [23] G. Veilleux *et al.*, "Techno-economic analysis of microgrid projects for rural electrification: A systematic approach to the redesign of Koh Jik off-grid case study," *Energy for Sustainable Development*, vol. 54. Elsevier B.V., pp. 1–13, 2020. doi: 10.1016/j.esd.2019.09.007.





- [24] A. Banal-Estañol, J. Calzada, and J. Jordana, "How to achieve full electrification: Lessons from Latin America," *Energy Policy*, vol. 108, pp. 55–69, 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.05.036.
- [25] M. L. T. S. J. Y. Hung, "Future Energy Systems- Integrating Renewable Energy Sources into the Smart Power Grid Through Industrial Electronics," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 4 (1), no. 2010, pp. 18–37, 2010.
- [26] M. V Rocco, F. Tonini, E. M. Fumagalli, and E. Colombo, "Electrification pathways for Tanzania: Implications for the economy and the environment," 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121278.
- [27] D. Mendieta Vicuña, J. Escribano, and J. Esparcia, "Electrificación, desarrollo rural y Buen Vivir. Un análisis a partir de las parroquias Taday y Rivera (Ecuador)," *Cuadernos Geográficos*, vol. 56, no. 2, pp. 306–327, 2017, Accessed: Apr. 27, 2021. [Online]. Available: chrome-extension://dagcmkpagilhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F171%2F17152020015.pdf
- [28] M. Ayala-Chauvin and G. Riba, "COVID-19 y la transición energética," *CienciAmérica*, vol. 9, no. 2, pp. 21–30, 2020, doi: 10.33210/ca.v9i2.280.
- [29] D. Jacobs *et al.*, "Analysis of renewable energy incentives in the Latin America and Caribbean region: The feed-in tariff case," *Energy Policy*, vol. 60, pp. 601–610, 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2012.09.024.
- [30] Y. T. Wassie and M. S. Adaramola, "Socio-economic and environmental impacts of rural electrification with Solar Photovoltaic systems: Evidence from southern Ethiopia," *Energy for Sustainable Development*, vol. 60, pp. 52–66, 2021, doi: 10.1016/j.esd.2020.12.002.
- [31] P. Lillo, L. Ferrer-Martí, A. Boni, and Á. Fernández-Baldor, "Assessing management models for off-grid renewable energy electrification projects using the Human Development approach: Case study in Peru," *Energy for Sustainable Development*, vol. 25, pp. 17–26, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.esd.2014.11.003.
- [32] D. Mendieta Vicuña and J. Esparcia Pérez, "La política de energía eólica y sus efectos sobre el desarrollo local. Un análisis a partir del sistema de actores (Loja, Ecuador)," *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, vol. 40, no. 1, Jun. 2020, doi: 10.5209/aguc.69333.
- [33] M. ten Palomares and A. Boni Aristizabal, "Visiones de la electrificación rural en la Amazonía Ecuatoriana: disputando lógicas hegemónicas," *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, no. 20, p. 4, Oct. 2016, doi: 10.17141/letrasverdes.20.2016.2181.
- [34] L. CODINA, "Cómo hacer revisiones bibliográficas tradicionales o sistemáticas utilizando bases de datos académicas," *Revista ORL*, vol. 11, no. 2, May 2020, doi: 10.14201/orl.22977.





- [35] J. Tramullas, “Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica,” *El profesional de la información*, Jul. 2020, doi: 10.3145/epi.2020.jul.17.
- [36] C. Li and B. Shen, “Accelerating renewable energy electrification and rural economic development with an innovative business model: A case study in China,” *Energy Policy*, vol. 127, pp. 280–286, Apr. 2019, doi: 10.1016/J.ENPOL.2018.12.009.
- [37] A. S. Duran and F. G. Sahinyazan, “An analysis of renewable mini-grid projects for rural electrification,” *Socio-Economic Planning Sciences*, p. 100999, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.seps.2020.100999.
- [38] R. N. Dar-Mousa and Z. Makhamreh, “Analysis of the pattern of energy consumptions and its impact on urban environmental sustainability in Jordan: Amman City as a case study,” *Energy, Sustainability and Society*, vol. 9, no. 1, p. 15, Dec. 2019, doi: 10.1186/s13705-019-0197-0.
- [39] R. Jimenez, “Barriers to electrification in Latin America: Income, location, and economic development,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 15, pp. 9–18, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.esr.2016.11.001.
- [40] D. F. Gómez-Hernández, B. Domenech, J. Moreira, N. Farrera, A. López-González, and L. Ferrer-Martí, “Comparative evaluation of rural electrification project plans: A case study in Mexico,” 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.02.004.
- [41] F. Riva, H. Ahlborg, E. Hartvigsson, S. Pachauri, and E. Colombo, “Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling,” *Energy for Sustainable Development*, vol. 43, pp. 203–223, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.ESD.2018.02.003.
- [42] T. van Gevelt, T. Zaman, F. George, M. M. Bennett, S. D. Fam, and J. E. Kim, “End-user perceptions of success and failure: Narratives from a natural laboratory of rural electrification projects in Malaysian Borneo,” *Energy for Sustainable Development*, vol. 59, pp. 189–198, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.ESD.2020.10.008.
- [43] A. López-González, B. Domenech, and L. Ferrer-Martí, “Formative evaluation of sustainability in rural electrification programs from a management perspective: A case study from Venezuela,” 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.07.024.
- [44] H. Kim and T. Y. Jung, “Independent solar photovoltaic with Energy Storage Systems (ESS) for rural electrification in Myanmar,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 1187–1194, Feb. 2018, doi: 10.1016/J.RSER.2017.09.037.
- [45] A. A. Eras-Almeida, M. Fernández, J. Eisman, J. G. Martín, E. Caamaño, and M. A. Egido-Aguilera, “Lessons Learned from Rural Electrification Experiences with Third Generation Solar Home Systems in Latin America: Case Studies in Peru, Mexico, and Bolivia,” 2019, doi: 10.3390/su11247139.



- [46] F. Benavente, A. Lundblad, P. E. Campana, Y. Zhang, S. Cabrera, and G. Lindbergh, "Photovoltaic/battery system sizing for rural electrification in Bolivia: Considering the suppressed demand effect," *Applied Energy*, vol. 235, pp. 519–528, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.10.084.
- [47] A. López-González, B. Domenech, D. Gómez-Hernández, and L. Ferrer-Martí, "Renewable microgrid projects for autonomous small-scale electrification in Andean countries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 79, pp. 1255–1265, Nov. 2017, doi: 10.1016/J.RSER.2017.05.203.
- [48] D. Palit and K. R. Bandyopadhyay, "Rural electricity access in India in retrospect: A critical rumination," *Energy Policy*, vol. 109, pp. 109–120, Oct. 2017, doi: 10.1016/J.ENPOL.2017.06.025.
- [49] M. E. Khodayar, "Rural electrification and expansion planning of off-grid microgrids," *Electricity Journal*, vol. 30, no. 4, pp. 68–74, May 2017, doi: 10.1016/j.tej.2017.04.004.
- [50] F. Riva and E. Colombo, "System-dynamics modelling of the electricity-development nexus in rural electrification based on a Tanzanian case study," *Energy for Sustainable Development*, vol. 56, pp. 128–143, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.ESD.2020.04.001.
- [51] G. Veilleux *et al.*, "Techno-economic analysis of microgrid projects for rural electrification: A systematic approach to the redesign of Koh Jik off-grid case study," *Energy for Sustainable Development*, vol. 54. Elsevier B.V., pp. 1–13, Feb. 01, 2020. doi: 10.1016/j.esd.2019.09.007.
- [52] D. R. Thomas, S. P. Harish, R. Kennedy, and J. Urpelainen, "The effects of rural electrification in India: An instrumental variable approach at the household level," *Journal of Development Economics*, vol. 146, p. 102520, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.JDEVECO.2020.102520.
- [53] M. S. Alam, M. D. Miah, S. Hammoudeh, and A. K. Tiwari, "The nexus between access to electricity and labour productivity in developing countries," *Energy Policy*, vol. 122, pp. 715–726, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.ENPOL.2018.08.009.
- [54] L. C. Ferrer-Martí Aleix; Velo, Enrique; Carrillo, Miquel, *Proyectos de electrificación rural con energías renovables*. Barcelona: Icaria Editorial, 2013. doi: <https://icariaeditorial.com/tecnologia-y-desarrollo-humano/4343-proyectos-de-electrificacion-rural-con-energias-renovables.html>.

NOTA BIOGRÁFICA



Edith Nolasco Benítez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-7572-2775>
Obtuvo su título de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán-México. Y recibió su título de Master en Ciencias en Edinburgh Napier University. Actualmente, es candidata a PhD en la Universidad Politécnica de Catalunya, en el área de Ingeniería Eléctrica en la ciudad de Barcelona, España. Su línea de investigación es electrificación rural de países en vías de desarrollo.



Oriol Gomis Bellmunt. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-9507-8278>
Recibió el título de Ingeniero Industrial por la Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona TECH (UPC) en 2001, y el Doctorado en Ingeniería Eléctrica por la misma universidad en 2007. Desde 2004 trabaja en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UPC, donde es Profesor Catedrático de Universidad y forma parte del grupo de investigación CITCEA-UPC en la tematica de integración de renovable.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.