

Viabilidad en la implementación de ASETs en la zona indígena Nai Teri, para la generación de energía eléctrica sostenible

Implementation viability of ASETs at Nai Teri indigenous sector, for renewable electric energy generation

María Jesús Amador¹, Brandon Obregón², José Ambrozic³, Gustavo Richmond-Navarro⁴


Fecha de recepción: 2 de abril, 2024


Fecha de aprobación: 18 de agosto, 2024

Amador, M.J; Obregón, B; Ambrozic, J; Richmond-Navarro, G. Viabilidad en la implementación de ASETs en la zona indígena Nai Teri, para la generación de energía eléctrica sostenible. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, Nº 1. Enero-Marzo, 2025. Pág. 38-47.


 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i2.7092>


1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 orozcoamador1010@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0009-1966-146X>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 bobregon@estudiantec.cr

 <https://orcid.org/0009-0008-2311-2132>

3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 jambrozic@ujpii.ac.cr

 <https://orcid.org/0009-0009-4097-8023>

4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 grichmond@tec.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0001-5147-5952>

Palabras clave

ASETs; reserva indígena; Nai Teri; red eléctrica; desarrollo; acceso; energía renovable.

Resumen

Esta investigación pretende dar visibilidad a la realidad que enfrentan las personas que viven en sectores no cubiertos por la red eléctrica nacional, en particular en regiones remotas y dentro de reservas indígenas. Se considera como caso de estudio la región de Nai Teri. Se muestra el impacto que representa para la calidad de vida de estas personas la ausencia del recurso eléctrico, la manera en que sus costumbres y su vida cotidiana se desarrolla sin electricidad. Por otra parte, se menciona como se verían beneficiadas estas personas con la aplicación de tecnologías de generación de energía a base de recursos disponibles en la zona. Se investiga sobre tipos de ASETs (Tecnologías de Energía Sostenible Apropriadas) que se podrían implementar y su viabilidad de acuerdo con transporte, instalación y mantenimiento. Se concluye que la manera más factible de producir energía en la zona es mediante paneles solares, para los cuales es necesario una inversión por parte de terceros, sea gubernamental, de la compañía eléctrica que cubre el sector o capitales privados.

Keywords

ASETs; indigenous reserve; Nai Teri; electrical grid; development; access; renewable energy.

Abstract

This research aims to give visibility to the reality faced by people living in sectors not covered by the national electrical grid, particularly in remote regions and within indigenous reserves. The Nai Teri region is contemplated as a case study. It shows the impact that the absence of electrical resources represents on the quality of life of these people and how their customs and daily lives develop without electricity. On the other hand, it is mentioned how these people would benefit from the application of energy generation technologies based on resources available in the area. Research is carried out on types of ASETs (Appropriate Sustainable Energy Technologies) that could be implemented and their viability according to transportation, installation, and maintenance. It's concluded that the most feasible way to produce energy in the area is through solar panels, for which investment by third parties is necessary, whether government, electric companies, or private capital.

Introducción

El desarrollo energético de un país está estrechamente ligado a la calidad de vida y bienestar de sus habitantes [1]. La energía eléctrica juega un papel fundamental en el acceso a servicios básicos cotidianos como iluminación, agua limpia, cocción de alimentos, funcionamiento de equipos médicos y de comunicación, así como el desarrollo socioeconómico y sostenible de una región. Por tanto, la energía genera un impacto positivo en la salud y comodidad de las personas, facilitando el quehacer de las tareas cotidianas, la prevención de enfermedades, mejora la atención médica inmediata en casos de emergencias, y el acceso a educación y trabajo, entre otros beneficios.

En Costa Rica, la cobertura de la red eléctrica nacional abastece de energía eléctrica a un 99,4 % de los hogares costarricenses por medio de energías provenientes de fuentes renovables. Las fuentes empleadas en la matriz eléctrica, para el año 2020, se pueden desglosar de la siguiente manera: hidroeléctrica 63,2 %, geotérmica 15,4 %, eólica 19,7 %, biogás 1,58 % y solar 0,10 %, con un restante 0,07 % mediante fuentes no renovables [2].

Según [3] - [4], durante el año 2023 se estima que 10,127 viviendas ocupadas no gozan de electricidad en Costa Rica. Esta población generalmente se encuentra en áreas alejadas y de difícil acceso, en su mayoría territorios indígenas del país donde la única forma de llegar es caminando, por varios kilómetros, en terrenos complicados [5] - [6].

A partir del último censo poblacional desarrollado en 2022, se estima que las viviendas sin acceso a electricidad corresponden al 0,55 % de los hogares costarricenses [7]. Con frecuencia no se considera en los planes de expansión energética del país. Esto se debe en gran medida a las dificultades de instalación y mantenimiento de infraestructura eléctrica en estas áreas [8]. Como resultado, esta minoría de población se encuentra directamente afectada por la falta de acceso a la electricidad, enfrentando desafíos significativos en su vida diaria [5].

Un ejemplo de estas regiones es la zona de Nai Teri, ubicada en la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, la cual va a ser el foco de atención de este artículo. Los habitantes de la región han buscado diferentes maneras de generación de energía, aprovechando los recursos que se tienen al alcance, los cuales muchas veces no son eficientes o sostenibles.

¿Qué son los ASETs?

Para solventar las necesidades energéticas de zonas con estas características, es común que los habitantes desarrollen dispositivos y sistemas diseñados para aprovechar los recursos locales y así simplificar las actividades diarias. Estos mecanismos ya existentes, o los que se pueden inventar con estas características, se conocen como ASETs, que son las Tecnologías de Energía Sostenible Apropriadas (por sus siglas en inglés) [9]. Estas tecnologías están adaptadas a las necesidades sociales, económicas y tecnológicas de las comunidades con acceso limitado a la energía, así como a los recursos necesarios para la operación y mantenimiento sostenible de herramientas tecnológicas.

Los ASETs proporcionan soluciones eficaces y asequibles que promueven el desarrollo sostenible al utilizar los recursos naturales disponibles en la zona sin causar impactos ambientales significativos. Además, son diseñadas para poder ser construidas, operadas y mantenidas por personas con conocimiento local [9].

A lo largo del tiempo, se han inventado numerosos tipos de ASETs utilizados para simplificar actividades cotidianas. Estos van desde herramientas operadas manualmente como moledores de granos, sistemas de poleas y cuerdas para elevar cargas pesadas hasta lavadoras de ropa accionadas por pedales [10]. Entre algunos otros ejemplos más modernos se encuentran desde lámparas con paneles solares hasta generadores de energía de uso residencial, como turbinas hidroeléctricas de pequeña escala, aerogeneradores para uso doméstico, biodigestores y paneles solares que suministran la energía demandada para el consumo de una vivienda [6].

En la región de Nai Teri, se pueden encontrar ejemplos concretos de ASETs, como paneles solares. Sin embargo, es común que se utilicen generadores de energía que funcionan con combustibles fósiles, como diésel o gasolina, lo cual no se considera ASETs, ya que dependen de recursos no renovables y proporcionan solo unas pocas horas de energía. A pesar de esto, son una opción más accesible para los habitantes de Nai Teri debido a su facilidad de transporte y precio.

En este documento se comparan tres tipos de generación de energía utilizados en Costa Rica, los cuales pueden adaptarse a un modelo de ASETs a pequeña escala. Estos son: energía eólica, energía solar y biodigestores. Se evaluará la viabilidad de utilizar cada uno de estos métodos para facilitar la generación de energía a largo plazo de manera sostenible en la región, teniendo en cuenta factores como el transporte, la instalación y el mantenimiento.

Metodología

Se realizó una visita al sitio donde se llevó a cabo un reconocimiento de la zona, se evaluó la dificultad para ingresar y se identifica la dispersión geográfica de las familias habitantes de la región de manera visual.

Para tener una idea clara de las condiciones de vida de la comunidad de Nai Teri y su experiencia con el uso de ASETs, se realizaron entrevistas a personas residentes de la zona, entre ellas el director de la escuela Tolok Kichá, de Nai Teri, Reyner David Páez Fernández. Se determinaron los problemas que representa la escasez del recurso eléctrico y el difícil acceso a la zona en su vida cotidiana, y como esto perjudica su desarrollo social y económico.

Se consultó con investigadores en el área de generación de energías renovables, entre ellos profesora Claudia Chávez Villareal y el investigador Jose Ambrozic sobre los procesos que se llevan a cabo para la instalación y mantenimiento algunas tecnologías generadoras de energía a pequeña escala, como biodigestores y paneles solares.

Se comparó la viabilidad que estas tecnologías tienen en regiones con características geográficas, demográficas, climáticas y culturales similares a las de la zona de Nai Teri, para determinar los factores que garantizan su viabilidad y sustentabilidad.

Se analizaron los planes de expansión de energía y legislación vigente que pretenden cubrir mayormente el territorio con este recurso, así como los beneficios que esto tendría para la población de Nai Teri.

Discusión y resultados

Estado actual de la zona

Nai Teri es una región indígena ubicada en la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, en Turrialba de Cartago, a 820 msnm en las coordenadas 9°40'36"N 83°25'45"W. Para ingresar se deben recorrer aproximadamente 100 km desde el centro de la provincia de Cartago dirigiéndose hacia el sector de Turrialba hasta el Río Chirripó, únicamente en vehículo 4x4. Dependiendo de la estación y de las condiciones climáticas, en ocasiones es imposible llegar en vehículo hasta la propia localidad. La escuela de Nai Teri está al otro lado del río Chirripó, el cual se cruza a pie por un puente peatonal.

Las mismas dificultades de ingreso a la zona han sido una limitante para la recolección de datos confiables de fuentes oficiales como lo es el Instituto Nacional de Estadísticas Censos (INEC), donde normalmente se cuenta con acceso a bases de datos con información demográfica sobre la cantidad de población, características de ubicación, núcleos familiares, dispersión geográfica y modos de vida cotidiano. Sin embargo, mediante la visita realizada al lugar e información brindada por el director de la escuela Tolok Kichá de Nai Teri, se estima una cantidad de 16 núcleos familiares que viven en las cercanías de la escuela. Estas familias tienen alumnos activos recibiendo el programa escolar, siendo un total de 34 estudiantes en el centro educativo.

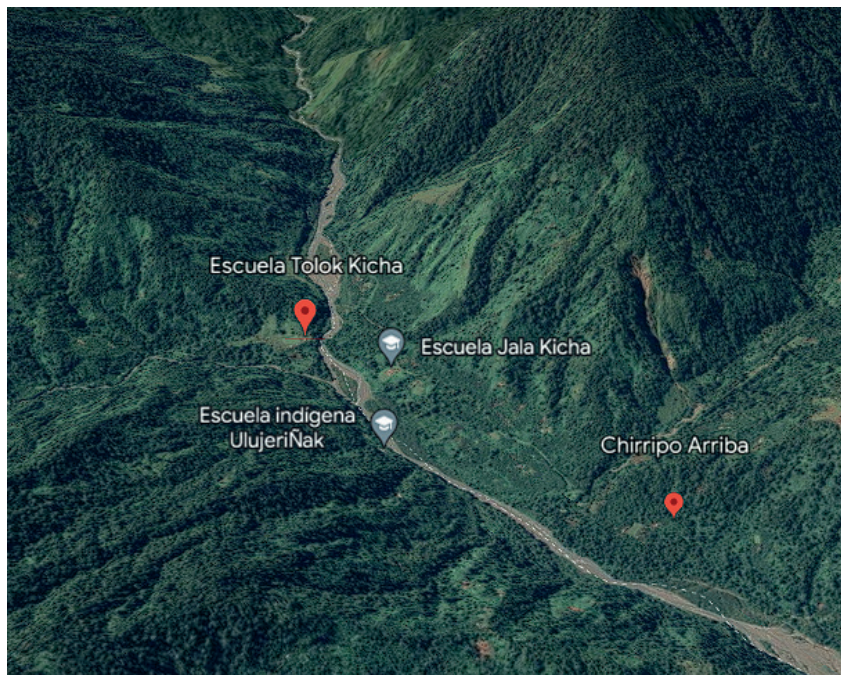


Figura 1. Paisaje de la región Nai Teri. Fuente: [11]

Cada grupo familiar está generalmente constituido por madre y padre de familia, en algunos casos solamente la madre con los niños; con 2 a 5 hijos menores de 12 años, de 1 a 4 adolescentes, 2 mayores de edad o personas adultas mayores, es decir, se estima que cada núcleo familiar está constituido por 8 personas en promedio. Teniendo una población foco aproximada de 144 personas habitantes de Nai Teri.

A su vez, es una región muy amplia y dispersa; se compone por pequeños grupos de 3 a 5 casas, cada una separada 150 m de la otra y cada grupo de casas se encuentra aproximadamente de 1 a 2 km de cercanía; cada grupo de casas puede estar entre 5 a 8 km de la plaza central de Nai Teri, en donde se encuentra la Escuela de Tolok Kichá. Por esta razón los estudiantes y personal de la escuela deben caminar más de una hora para llegar el centro educativo entre caminos y terrenos peligrosos, donde es frecuente enfrentar amenazas como la presencia de serpientes venenosas, cursos de agua y terrenos con riesgo de caídas desde altura. Estas características no solo suponen peligros potenciales, sino que también complicarían y prolongarían significativamente la respuesta a una emergencia, en caso de que esta se presente.

Los hogares de la zona suelen ser construidos de materiales abundantes en el territorio, como hojas de caña brava o bolsas de yute. Existen algunas familias que cuentan con viviendas mejoradas, construidas con madera y techos de lámina con ayuda de los bonos de vivienda provistos por instituciones gubernamentales. Normalmente se cocina con leña y con tres troncos de madera colocados en el suelo dentro de la vivienda; la iluminación del hogar se logra principalmente a través de candelas, lámparas de canfín, o lámparas de celdas solares que algunas familias adquieren por su cuenta para conseguir iluminarse durante las noches. Un elemento esencial en los hogares es la radio, que se utiliza tanto para estar informado como para el entretenimiento, la cual se alimenta de baterías o de celdas solares. La ropa es lavada a mano en los ríos o arroyos y secada al sol. No cuentan con otros aparatos electrónicos como televisor, cocina, refrigerador, licuadora, calentador, lavadora o secadora.

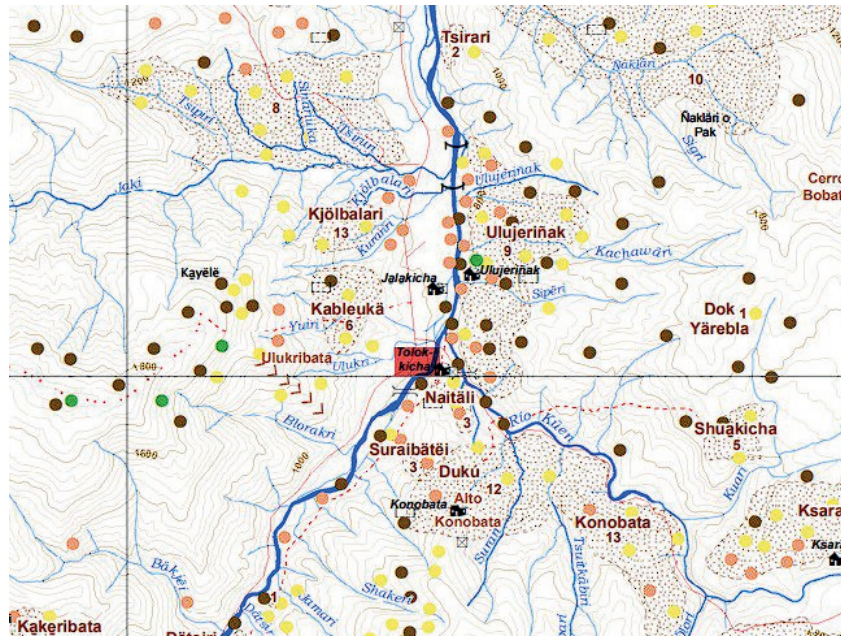


Figura 2. Mapa escolar de la Región. Fuente: [12]

Es costumbre que en los hogares de Nai Teri se utilice cocina de leña dentro de las casas para cocinar sus alimentos, lo cual genera un riesgo a la salud para los miembros de la familia que se encuentran en los hogares realizando las labores domésticas y de crianza mientras respiran el humo ocasionado por el fogón de la cocina, principalmente para las mujeres y niños. Sumado a esto, se cuenta con servicios de emergencias poco inmediatos por la misma dificultad de comunicación y la dificultad de ingresar a la zona, por lo que al realizar una llamada de emergencia tienen que esperar varias horas para que el servicio de emergencia llegue al lugar.

En resumen, se tienen los factores de: iluminación, comunicación, almacenamiento de alimentos, preparación de alimentos, riesgo a la salud, como las principales necesidades. Estas necesidades se apaciguan con la incorporación de equipos de uso doméstico como lo son lámparas LED, refrigeradora, cocina, teléfono, computadoras, los cuales se busca que sean alimentados por ASETs.

Gran parte de la población vive sin electricidad, lo que no representa un obstáculo significativo en su vida diaria. Culturalmente, las personas adultas mantienen una forma de vida más sencilla, sin embargo, es común notar la penetración de la tecnología en la población joven de la zona, ya que cuentan con dispositivos móviles como teléfonos, tablets y computadoras utilizadas para realizar tareas escolares y para entretenimiento, si cuentan con internet.

En el pasado, las escuelas y colegios de la zona solían depender de generadores de energía de combustión interna que funcionaban con gasolina para satisfacer sus necesidades energéticas, como lo es el caso de la escuela Tolok Kichá. La electricidad generada se destinaba principalmente a la iluminación, los enchufes y la conectividad a Internet, elementos esenciales para el entorno educativo. Sin embargo, este sistema tenía sus desafíos. Para mantener un suministro ininterrumpido de electricidad en la semana durante el período lectivo, se requerían al menos dos galones de gasolina por semana. En ausencia de este recurso, las lecciones se veían obligadas a continuar sin iluminación, hasta que se obtuviera nuevamente el combustible, lo que normalmente conllevaba retrasos en el programa educativo. Además de estos inconvenientes, estos generadores también producían un nivel significativo de ruido, lo que afectaba tanto a estudiantes como a personal docente.



Figura 3. Escuela Tolok Kichá. Fuente: [13]

Hasta el año 2019, esta situación ha mejorado gracias a la Fundación Omar Dengo y su proyecto “Educación accesible para todos”, donde se instaló un banco de paneles solares de 8 kW en el centro educativo. Estos paneles no solo proveen la electricidad necesaria para la escuela, incluyendo las 28 computadoras en funcionamiento, sino que también han tenido un impacto beneficioso en toda la comunidad de Nai Teri. Ahora, las familias locales pueden acercarse a la escuela y cargar sus dispositivos personales, lo que les permite mantenerse comunicados durante las noches, llevando estos dispositivos cargados de vuelta a sus hogares. Esta iniciativa ha mejorado significativamente la calidad de vida y la conectividad en la región.



Figura 4. Paneles solares de la Escuela de Tolok Kichá. Fuente: [13]

Comparación de viabilidad en ASETs

Para determinar el consumo de energía promedio de una casa se consideraron datos de placa de equipos domésticos de uso diario convencionales, los cuales ayudarán solventar las necesidades definidas en la sección anterior. Así como equipos que las familias pueden utilizar para facilitar las tareas diarias del hogar como lavadora, microondas, calentador de agua y electrodomésticos.

Considerando que, en promedio, alrededor de 8 personas viven en cada casa, se estima un consumo diario de 10,5 kWh por hogar al día, lo que equivale a 325 kWh al mes [14]. A partir de este dato, se puede calcular la producción de energía requerida para satisfacer las necesidades diarias de electricidad, que incluyen cocinar, electrodomésticos, lavar ropa, ducharse y utilizar dispositivos para actividades como estudiar y el entretenimiento.

A continuación, se ofrece un resumen conciso de las características de instalación, mantenimiento, rendimiento y costos de los ASETs en estudio en relación con el consumo de 10,5 kWh diarios requeridos para abastecer a una vivienda de bajo consumo.

Estos datos se basan en investigaciones bibliográficas y en investigaciones de campo específicas para cada tecnología, además de consultas realizadas a profesionales del área.

En un primer análisis, se considera la opción de implementar biodigestores. Estos son comunes en el país ya que ofrecen una solución viable para áreas remotas, siempre y cuando exista una producción sustancial de desechos orgánicos de origen animal como en granjas, campos de pastoreo o productoras de carne.

Se ha estimado que, con aproximadamente 20 kg de estiércol, generados por cuatro cerdos y cuatro vacas hacinadas, es suficiente para la producción de gas para cocinar en una casa en un día [15]. En Nai Teri es común observar animales como cerdos, cabras, gallinas, vacas y caballos, los cuales en su mayoría permanecen al exterior durante el día alimentándose de pastos de la zona, por lo cual recolectar sus desechos es bastante complicado. Por otro lado, con esta cantidad de desechos se generaría gas solamente para la preparación de alimentos.

Esta tecnología requiere de altos costos iniciales de adquisición e instalación del biodigestor, así como la necesidad de mantenimiento mensual a cargo de técnicos especializados y capacitación para el personal local encargado del buen estado y limpieza de los equipos utilizados, los que hacen que esta opción no sea económicamente viable ni adecuada para la realidad social de la comunidad.

Por otro lado, se evalúa la viabilidad en la instalación de una turbina eólica a pequeña escala. En la investigación titulada “Micro generación de energía eólica en un entorno boscoso en Costa Rica: estudio de caso.” se determina que, para realizar la instalación adecuada de un aerogenerador, es indispensable estudiar las condiciones de la zona y recopilar datos cruciales, como las velocidades del viento, la altura y niveles de turbulencia [16]. Esto, para seleccionar un aerogenerador que produzca energía eficientemente bajo las condiciones específicas de la zona. Dado esto, la implementación de una turbina eólica representa una significativa inversión económica, y la elección incorrecta basada en cálculos teóricos puede resultar en una ineficiencia para la generación eléctrica [6].

Mediciones realizadas en la estación meteorológica del Tecnológico de Costa Rica determinan que en Cartago la intensidad de turbulencia es alta y la velocidad del viento suele ser baja [17], por lo que la producción de energía no sería alta.

Sin embargo, con los recursos y la información adecuada, es posible identificar una turbina ideal para la región, convirtiéndose en una opción viable capaz de satisfacer las necesidades de energía de las viviendas con un aerogenerador de uso doméstico por casa. Además, estas tecnologías requieren mantenimiento con menor frecuencia que en el caso de los biodigestores, lo que implica costos operativos reducidos a lo largo de su vida útil. Sería una opción más viable, siempre y cuando se realicen en el lugar las investigaciones pertinentes que lo respalden.

Por último, sobre el uso de paneles solares en la zona, es posible conocer el impacto actual que tienen, ya que desde el año 2019 se utilizan en Nai Teri. Estos paneles solares, colocados en los techos de las escuelas de la región, abastecen de energía a los estudiantes durante el

periodo lectivo, y han colaborado con el avance tecnológico que se ha dado en Nai Teri en los últimos años. Esto, mediante las estaciones generadores de energía ubicadas en las escuelas de la zona, lo que facilita acceso a información, aprendizaje y comunicación entre las personas. Estos paneles fueron instalados por una organización privada, quedando claro lo indispensable que es para el desarrollo de estas zonas los proyectos de instituciones no gubernamentales.

Para las casas de la región también serían una solución atractiva, ya que su instalación no requiere de mayor modificación del entorno, precisa de pocos mantenimientos anuales y es posible generar la potencia demandada para una casa con aproximadamente 17 paneles solares de 2 m² [18] - [19], para una casa de bajo consumo. Esta tecnología también requiere de un costo de inversión elevado, sin embargo, una vez instalados los equipos se mantienen a lo largo del tiempo con pocas intervenciones por mantenimiento. Cabe mencionar que el arreglo de paneles solares propuestos requiere un área aproximada de 34 m² por lo que es necesario contar con el espacio requerido para su instalación, lo cual no representa mayor limitación en la zona.

En Costa Rica, una parte del presupuesto nacional se destina a mejorar la calidad de vida de los habitantes, lo cual está estrechamente vinculado con su acceso a la energía eléctrica. Sin embargo, el actual Plan de Expansión Energética del ICE, donde planean continuar con la cobertura eléctrica hasta el año 2040, no detalla acciones concretas para atender las necesidades energéticas en zonas rurales, específicamente reservas indígenas [8]. Según conversaciones con funcionarios de la institución pública encargada de diseñar estrategias para las minorías, aún se están desarrollando planes específicos para abastecer estas áreas con electricidad. La ayuda de las instituciones públicas es fundamental para implementar tecnologías en estas zonas remotas, o bien, agentes externos al gobierno como los que ya han beneficiado a Nai Teri.

Conclusiones

La zona de Nai Teri presenta desafíos considerables debido a su ubicación remota y condiciones geográficas difíciles. La población se estima en alrededor de 144 personas quienes no cuentan con acceso a todos los servicios básicos y tienen que mantenerse en un modo de vida sencillo. Las limitaciones afectan su calidad de vida, viéndose perjudicada su salud, su acceso a educación, comunicación, trabajo, y desarrollo económico sostenible.

Al comparar tres tipos de ASETs para esta región, se identifican diferencias significativas en cuanto a su viabilidad en la comunidad de Nai Teri. Los biodigestores se descartan debido a la falta de desechos orgánicos suficientes, los altos costos iniciales y la necesidad de mantenimiento especializado. Por otro lado, las turbinas eólicas, requieren de estudios de potencial eólico específicos para determinar puntos adecuados de instalación, los cuales son inexistentes en este momento. Finalmente, los paneles solares, que ya se utilizan en las escuelas de la región, han demostrado ser beneficiosos para la comunidad al brindar acceso a la información y facilitar la comunicación. Para las viviendas, aunque la inversión inicial es alta, los paneles solares requieren menos mantenimiento y pueden generar la potencia necesaria, siempre y cuando haya suficiente espacio para su instalación.

Es fundamental reconocer la situación de las personas que residen en Nai Teri y en otras comunidades indígenas que enfrentan desafíos similares debido a la falta de acceso a electricidad. Es imperativo que el gobierno de Costa Rica y las instituciones como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), se comprometan a incluir a estas poblaciones vulnerables en sus planes de expansión energética.

Además, la colaboración entre el sector público y privado es esencial para impulsar proyectos que promuevan el progreso continuo en este sentido. Este esfuerzo no solo mejorará la calidad de vida de estas comunidades, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible del país en su conjunto.

Referencias

- [1] M. Skare, Y. Quian, Z. Xu y X. Gou, «Energy justice and gaps in sustainable development: A convergence testing and clustering study,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 192, n° 1, pp. 114-166, 2024.
- [2] E. Durán, A. Víquez, R. Monge y C. Muñoz, Costa Rica: Matriz eléctrica, San José: Instituto Costarricense de Electricidad, 2020.
- [3] Instituto Costarricense de Electricidad, «ICE invertirá ϕ 23100 millones para llevar electricidad por primera vez a 2670 hogares,» 2024. [En línea]. Available: <https://bit.ly/43A69s6>.
- [4] J. Rivas y F. Solano, «ICE - Índice de Cobertura Eléctrica 2019,» 2019. [En línea]. Available: <https://bit.ly/4cDTFUD>.
- [5] G. Richmond, R. Madriz-Vargas, N. Ureña-Sandí, S. Murillo-Rodríguez, V. Chavarría-Castillo, M. Chaves y F. Barrientos Johansson, «Challenges and opportunities for indigenous Community Power research in Costa Rica,» 2nd World Community Power Conference, Bamako - Mali, 2018.
- [6] G. Richmond-Navarro, R. Madriz-Vargas, N. Ureña-Sandí y F. Barrientos-Johansson, «Research Opportunities for Renewable Energy Electrification in Remote Areas of Costa Rica,» *Perspectives on Global Development and Technology*, vol. 18, n° 5-6, pp. 553 - 563, 2019.
- [7] INEC, Encuesta Nacional de Hogares Julio 2022: Resultados Generales, San José: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022.
- [8] Instituto Costarricense de Electricidad, «Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2022-2040,» 2023. [En línea]. Available: <https://bit.ly/4ctQi2x>.
- [9] J. Aamodt y B. Feamster, «The role of appropriate sustainable energy technologies (ASET) as a means for promoting access to energy for all,» de *International Energy and Poverty*, Routledge, 2015.
- [10] L. Guruswamy y N. Doman, «Sustainable Development: Global Poverty, Energy and ASETs,» 2021.
- [11] Google, *Escuela Tolok Kicha - Google Earth*, 2024.
- [12] Central America Indígena Research Team, «Reserva Indígena Cebácar de Chirripó. 1:25,000 and 1:40,000-scale,» The University of Kansas, 2018.
- [13] R. Paéz, Interviewee, *Director de Escuela Tolok Kicha, comunicación privada*. [Entrevista]. 2024.
- [14] Instituto Costarricense de Electricidad, «Guía para ahorrar electricidad en el hogar,» 2022. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3VD7RXY>.
- [15] M. López, «Análisis costo-beneficio para la instalación de un biodigestor modelo rústico en la comunidad de Topiltepec, Municipio de Zitlala, Guerrero, Mexico [Tesis de Licenciatura],» *Instituto Politécnico Nacional*, 2022.
- [16] K. Torres-Castro, C. Torres-Quirós y G. Richmond-Navarro, «Microgeneración de energía eólica en un entorno boscoso en Costa Rica: estudio de caso,» *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 34, n° 3, pp. 61-69, 2021.
- [17] G. Murillo-Zumbado, G. Richmond-Navarro, P. Casanova-Treto y J. Rojas-Gómez, «Generalidades del recurso eólico en Costa Rica: caso de estudio de la provincia de Cartago,» *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 34, n° 4, p. 130-145, 2021.
- [18] O. Carmona-López, A. Vidal-Santo, A. Martínez-López, J. Conde y J. Ticono-Magaña, «Estudio de la viabilidad técnica para la implementación de un sistema de autoconsumo eléctrico basado en paneles fotovoltaicos para una vivienda,» *QUID: Investigación, Ciencia y Tecnología*, n° 26, pp. 29-38, 2016.
- [19] O. Hoyos-Gutiérrez y C. Hernández-Mejía, «Estudio de Viabilidad Técnica y Económica para la Implementación de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica de 10 kW, Caso "Hospital Local de Tenerife, Magdalena" [Tesis de maestría],» *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 2017.

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.