

# **Aspectos sociales en soluciones sostenibles de electrificación en zonas aisladas basadas en energías renovables "llevando desarrollo más allá de energía".**

Yecid Alfonso Muñoz Maldonado<sup>1</sup>  
ymuñoz294@unab.edu.co

María Daniela Caicedo Vega<sup>2</sup>  
mcaicedo5@unab.edu.co

<sup>2</sup>Manuel Bayona  
manuel1bayona@yahoo.com

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, <sup>2</sup>Corp. Gestión y Acción Social.

## **Resumen**

Mediante un levantamiento de experiencias nacionales e internacionales en cuanto a implementación de tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables en zonas aisladas, se identificó qué factores desde el punto de vista social han llevado al fracaso de estas iniciativas, a pesar de que las soluciones han utilizado las últimas tecnologías. De igual manera, se han revisado proyectos exitosos de este tipo, identificando los aspectos que han sido determinantes para alcanzar el éxito y la sostenibilidad.

Los factores identificados fueron objeto de análisis y finalmente son presentados, con el fin de mitigar los factores que conllevan a experiencias negativas y potenciar aquellos que conllevan a experiencias positivas. Generándose directrices a considerar a la hora de planificar un sistema sostenible, que sea capaz de dar respuesta a las necesidades energéticas de la comunidad y que represente una mejora de la calidad de vida en general de la población que está siendo atendida.

**Palabras clave:** Electrificación rural, energías renovables, zonas aisladas, electrificación sostenible.

## **Abstract**

Through a survey of national and international experiences in the implementation of technologies for generating energy from renewable sources in remote areas, factors were identified that from the social point of view led to the failure of these initiatives, despite that the solutions have used the latest technology. Were reviewed successful projects and were determined the aspects that have been crucial to success and the sustainability of the project.

The identified factors were analyzed and are finally presented, in order to mitigate the factors that lead to negative experiences and enhance those that lead to positive experiences, generating guidelines to consider when planning a sustainable system that is able to respond to the energy needs of the community and represent an improvement quality of life of the population being served.

**Keywords:** Rural electrification, renewable energy, isolated areas, sustainable electricity.

## **1. Introducción**

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) ha denominado como “Pobreza energética” al hecho de carecer del suministro de energía eléctrica, actualmente se encuentran sumergidas en esta situación más de 1300 millones de personas (cerca del 20% de la población mundial) y otros 2300 millones dependen de los usos convencionales de la biomasa (leña, residuos de carbón, la agricultura, etc., llevados a combustión directa), práctica que es responsable de más de 1,45 millones de muertes anuales como consecuencia de la polución en las viviendas. (International Energy Agency 2011, World Energy Outlook 2011). La figura 1 muestra la pobreza energética global en el año 2011.



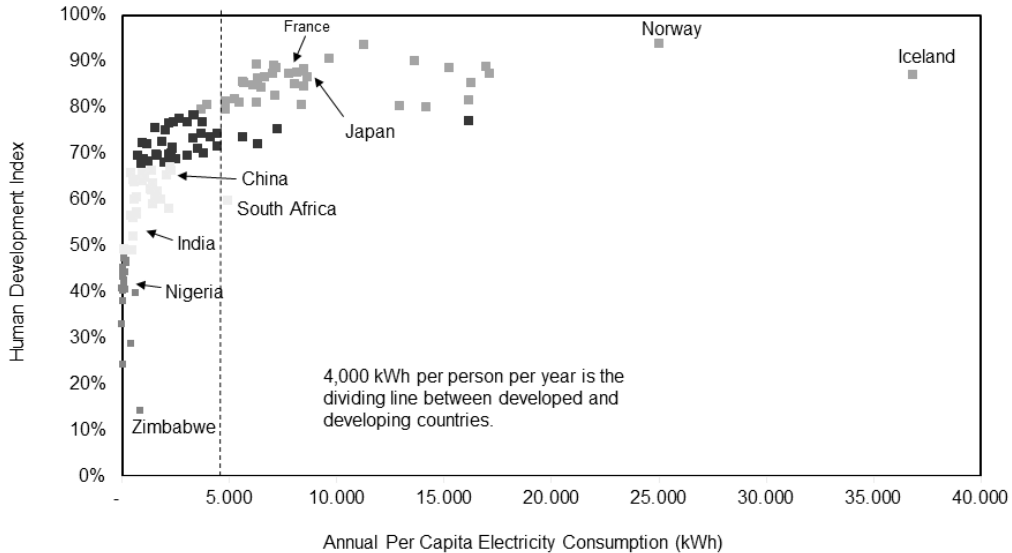
**Figura 1. Pobreza energética global (2011), adaptado de World Energy Outlook 2011, International Energy Agency (2011)**

El desarrollo es una de las aspiraciones fundamentales de las poblaciones de los países de América Latina, Asia y África y la energía es un componente fundamental para lograrlo. El consumo de energía per capita puede ser usado como un indicador de la importancia de los problemas que afectan estos países donde se encuentra el 70% de la población mundial. En la mayoría de los países en los cuales el consumo de energía comercial per capita esta por debajo de una tonelada equivalente de petróleo (tep) (4000 kWh) por año, las tasas de analfabetismo, mortalidad infantil e fertilidad total son altas, en cuanto la expectativa de vida es baja y ultrapasar la barrera de 1 tep/capita parece ser esencial para el desarrollo (Goldemberg J(1998). Energía e desenvolvimiento, ESTUDOS AVANÇADOS Vol.12)

La figura 2. Muestra la relación entre el IDH<sup>1</sup> y el consumo per cápita de energía para el año 2010 y siendo posible percibir lo anteriormente descrito. Después de traspasar este límite comienza a percibirse que estos dos indicadores dejan de relacionarse ya que un aumento en el consumo de energía per cápita no sugiere un

<sup>1</sup> Es un indicador elaborado por el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo que permite medir el nivel de desarrollo mediante la combinación de indicadores de esperanza de vida, logros educacionales e ingresos.

aumento del IDH, esto podría deberse a que en estos países comienza a primar el desarrollo tecnológico y la implementación de planes de eficiencia energética.



**Figura 2. Índice de desarrollo humano IDH Vs uso de electricidad per cápita (2010). Human Development Index – 2010 data United Nations; Annual Per Capita Electricity Consumption (kWh) - 2007 data World Bank**

El acceso a la energía disminuye el grado de conflictividad social y la percepción de injusticia en una sociedad donde hay quienes acceden a bienes sofisticados y otros no lo hacen siquiera a los más elementales. Hoy un hogar urbano sin energía eléctrica es inconcebible. (Organismo Internacional de Energía Atómica (2008) Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías). Por esta razón, múltiples organizaciones, entidades gubernamentales, ONG etc., están centrando sus objetivos en ofrecer soluciones tecnológicas para el suministro de energía a las poblaciones no atendidas con el fin proporcionarles mejores niveles de vida y un mayor grado de bienestar.

Actualmente existen metodologías y procedimientos que desde el punto de vista técnico permiten una correcta implementación de estas alternativas pero estas soluciones deben ir de la mano de todo un trabajo social que permita llevarle a la comunidad “Desarrollo más allá de energía”.

En este documento se van a presentar algunos casos de estudio de electrificación de zonas aisladas con fuentes renovables o sistemas híbridos que sirvieron como base para formular una serie de directrices que pueden ser llevadas en cuenta a la hora de planificar una solución de electrificación aislada.

## **2. Electrificación de zonas aisladas**

Actualmente, cuatro de cada cinco personas sin electricidad viven en las zonas rurales del mundo en desarrollo, especialmente en las zonas urbanas y campos aislados periféricos, que suelen ser geográficamente aisladas o escasamente pobladas. Las políticas actuales de suministro de energía no son capaces de proporcionar energía eléctrica a estas comunidades; debido a la baja demanda de electricidad potencial y el desarrollo económico de estas zonas y, a veces también por razones políticas, la extensión de la red no es una opción factible.

Actores privados que trabajan en el campo de la energía renovable son a menudo una fuente de soluciones e innovaciones tecnológicas. De hecho, las fuentes de energía renovable (FER) son actualmente una de las más adecuadas opciones para el suministro de electricidad en áreas aisladas. La electrificación rural descentralizada (*off-grid*) en base a la instalación de sistemas autónomos (fotovoltaico, eólico, pequeñas centrales hidroeléctricas, biomasa etc.) en los hogares rurales, o la puesta en marcha de minirredes de distribución de electricidad alimentadas por FER o híbridas, permiten la prestación de servicios esenciales tales como iluminación, refrigeración, educación, comunicación y servicios de salud, lo que aumenta la productividad económica y crea nuevas oportunidades de generación de ingresos. (Alliance for Rural Electrification, Renewable energy technologies for rural electrification. Role and position of the private sector).

## **3. Casos de estudio**

Como referencia para este capítulo se han tomado en cuenta algunas de las experiencias de los países participantes de los seminarios de difusión e capacitación sobre Minirredes y Sistemas Híbridos con fuentes de energía renovable en la electrificación rural realizado del 25 al 26 de Mayo de 2011 en el Instituto de

Electrotecnia y energía (hoy Instituto de Energía y Medio Ambiente) de la Universidad de Sao Paulo (Brasil). Además se presentan algunos casos de proyectos ejecutados en África y Asia y Sur América. La tabla 1 muestra los casos estudiados.

**Tabla 1. Proyectos Analizados**

<b>Lugar</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Buenas practicas</b>
<b><sup>1</sup>Naqu, Tibet (China)</b>	Sistema hibrido solar/eólico 5 kW y 15 kW, respectivamente. Producción: 80 kWh de electricidad al día	Para garantizar la sostenibilidad del proyecto, algunos usuarios fueron entrenados para el mantenimiento de los equipos.
<b><sup>1</sup>Kimbondo, Congo (África central)</b>	Tienda central gestionada por un trabajador capacitado, equipada con módulos solares de 200 y 500 Wp, un regulador, un inversor, una batería con capacidad de entre 50 y 250 Ah y un cargador de batería con una corriente de salida de 12 V CC, utilizado para diversos fines: alimentar nevera pequeña para almacenamiento de vacunas y un sistema de telecomunicaciones de emergencia y, al mismo tiempo, para recargar las linternas que fueron suministradas a los habitantes.	La continuación del proyecto en el largo plazo, es financiado por los usuarios que deben pagar por la recarga y el remplazo de su batería y otros componentes del sistema.
<b><sup>1</sup>San Lorenzo (Ecuador)</b>	Combinación de un sistema de micro red (Un único generador	- Implementación de un sistema tarifario para cubrir

	<p>fotovoltaico de 3,3 kWp con 30 kWh de almacenamiento en la batería y un inversor de 3,6 kVA DC-AC) y sistemas individuales de generación (sistemas de 400 Wp y 200 Wp para 6 y 3 hogares respectivamente. Se suministra energía eléctrica a 120Vac.)</p>	<p>costos operacionales y asegurar la sostenibilidad. Tarifas únicas para niveles de consumo de 550 Wh / día o 275 Wh / día.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creación de micro empresas.</li> </ul>
<p><b><sup>2</sup>Amazonia (Brasil)</b></p>	<p>Implementación en 12 localidades, de sistemas fotovoltaicos(con módulos de 135 Wp, baterías de 220Ah / 12V, inversores de 1,1 kVA 24Vcc / 115 Vca 60Hz, controladores de carga de 24Vcc/140A) con mini redes de distribución monofásicas de 115V 60Hz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de medidores de energía prepago</li> <li>- Entrega de manuales y cartillas de usuario</li> <li>- Plan logístico ante las dificultades de transporte y planes de contingencia ante cada periodo del año (seco y húmedo).</li> </ul>
<p><b><sup>3</sup>. Laguna de Rocha (Uruguay)</b></p>	<p>Instalación de un sistema híbrido eólico/fotovoltaico para atender a una comunidad de pescadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inclusión de los habitantes en las actividades de instalación</li> <li>- Mejoramiento de las condiciones de conservación del pescado (producto de la principal actividad económica) a través del uso de frízeres para congelamiento.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acciones interdisciplinarias de ingenieros, sociólogos, etc.</li> <li>- Implementación de sistemas de autorregulación (uso de frízeres, tarifa para la conservación de los equipos, etc.)</li> </ul>
<p><b>4. Comunidad de Varadouro, municipio de Cananéia, litoral de Sao Paulo (Brasil)</b></p>	<p>Instalación de un sistema fotovoltaico de 105 Wp para atender la escuela, sete SF aislados de 35Wp que entregan 3,7 kWh de energía al mes, dos lavanderías comunitarias 75 Wp cada una, y un sistema para la iluminación de 52 Wp, para la iglesia. Todos os sistemas funcionan en corriente continua. (sistema repotenciado nuevamente en 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración de los habitantes de la comunidad en todas las etapas (transporte y limpieza de equipos, levantamiento dos postes, instalación eléctrica interna.</li> <li>- Transferencia de tecnología: manuales de uso, capacitación de técnicos locales</li> <li>- Creación de un fondo para mantenimiento.</li> <li>- Creación de una asociación de usuarios del sistema</li> </ul>

---

Notas: <sup>1</sup>: Alliance for Rural Electrification, Renewable energy technologies for rural electrification. Role and position of the private sector). <sup>2</sup>: Fonseca M, (25 de mayo de 2013) Kyocera. Miniusinas Fotovoltaicas com Minirredes de distribuição. Seminario de difusión y capacitación sobre Mini redes y Sistemas Híbridos con fuentes de energía renovable en la electrificación rural. <sup>3</sup>: Cataldo J, (25 de mayo de 2013) Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental. Aporte de las energías renovables al desarrollo de zonas rurales. Seminario de difusión y capacitación sobre Mini redes y Sistemas Híbridos con fuentes de energía renovable en la electrificación rural. <sup>4</sup>: Valer L., Selles T., Mocelin A., Zilles R (2014) Lições aprendidas no processo de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares em duas comunidades rurais.



## 4. Conclusiones

A través de un recorrido hecho por diferentes proyectos de electrificación en zonas aisladas se determinó un conjunto de prácticas que pueden ser clave para el éxito de estas soluciones y son presentadas a continuación:

- La transferencia tecnológica, en especial en zonas aisladas, requiere un profundo conocimiento de las condiciones sociales así como la participación activa de la comunidad.
- La transferencia tecnológica es más útil y bienvenida por las comunidades, si se focaliza en sus actividades productivas y no sólo en la asistencia social.
- La comunidad usuaria debe ponderar el costo de adquirir y mantener las instalaciones.
- El trabajo multidisciplinario con participación de sociólogos es la base para alcanzar las condiciones necesarias de acuerdo y participación de los beneficiarios.
- El entrenamiento de técnicos locales favorece la sostenibilidad en el tiempo de los sistemas instalados.
- La creación de medios para la producción de ingresos en la comunidad mejora la calidad de vida.
- Las tarifas sociales y los subsidios cumplen un importante rol; son esenciales aunque debe considerarse que son políticas compensatorias y asistenciales y, hasta cierta medida, no tienen la capacidad de romper con los problemas estructurales y con la insostenibilidad.
- Las soluciones deben ir acompañadas de medidas de uso racional y eficiente de la energía.

## 5. Recomendaciones

- La tarificación debe ser aceptada por la comunidad, ya que la percepción de altos costos genera rechazos ante el nuevo sistema.
- Las adecuaciones desde el punto de vista técnico deben ir de la mano de aspectos de índole cultural ya que de lo contrario estas soluciones no van a satisfacer las necesidades de las comunidades atendidas
- Las soluciones de electrificación en zonas aisladas deben contener un componente flexible que permita la ampliación de la capacidad de los sistemas ya que siempre habrá una tendencia a aumentar el consumo como respuesta de la comunidad al acceso de energía eléctrica.

## 6. Referencias

Alliance for Rural Electrification, Renewable energy technologies for rural electrification. Role and position of the private sector

Cataldo J, (25 de mayo de 2013) Universidad de la república. Seminario de difusión y capacitación sobre Mini redes y Sistemas Híbridos con fuentes de energía renovable en la electrificación rural.

Fonseca M, (25 de mayo de 2013) Kyocera. Mini-usinas Fotovoltaicas com Minirredes de distribuição. Seminario de difusión y capacitación sobre Mini redes y Sistemas Híbridos con fuentes de energía renovable en la electrificación rural.

Goldemberg J(1998). Energía e desenvolvimento, Estudos Avançados Vol.12

Human Development Index – 2010 data United Nations; Annual Per Capita Electricity Consumption (kWh) - 2007 data World Bank

International Energy Agency (2011), World Energy Outlook 2011.

Valer L., Selles T., Mocelin A., Zilles R (2014) Lições aprendidas no processo de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares em duas comunidades rurais.