



Energía para un nuevo país rural

Alejandro Gaviria Uribe

Rector

Alfonso Reyes Alvarado

Decano

Comité editorial

Jorge Acevedo Bohórquez · Ingeniero civil, M.Sc. Profesor asociado. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Juan Carlos Briceño Triana · Ingeniero mecánico, Ph.D. Director de la Escuela de Posgrados, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Silvia Caro Spinel · Ingeniera civil, Ph.D. Vicedecana académica, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Andrés González Barrios · Ingeniero químico, Ph.D. Director del Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Claudia Lucía Jiménez Guarín · Ingeniera de sistemas y ciencias de la computación, Ph.D. Profesora asociada. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Camilo Olaya Nieto · Ingeniero de sistemas y ciencias de la computación, Ph.D. Director del Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Hernando Vargas Caicedo · Ingeniero civil, M.Sc. Profesor titular. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Editor

Antonio García Rozo · Ingeniero electrónico. Profesor honorario. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Editor invitado

José Eddy Torres · Exdirector del programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP/USAID).

Coordinación editorial

Silvia Gamba Sánchez

María Angélica Huérfano Báez

Diseño editorial

Daniela Benitez

Portada y fotografías internas

Cortesía de:

Oficina de Posicionamiento, Universidad de los Andes.

Oficina de Comunicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP/USAID).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial del departamento del Cesar.

Shutterstock.

Ministerio de Minas y Energía.

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE).

Compañía Energética de Occidente (CEO).

Distribución

Libería Universidad de los Andes

Carrera 1 No. 19 - 27 Edificio AU 106

Tel. +(57.1) 3394949 Ext. 2071, 2099

Bogotá D.C., Colombia.

Hipertexto Ltda.

Carrera 50 No. 21 - 41 Oficina 206

Tel. +(57.1) 4810505 Fax: +(57.1) 4287170

Bogotá D.C., Colombia.

www.lalibreriadela.com

Siglo del Hombre Editores

Carrera 32 No. 25 - 46 / 50

Tel. +(57.1) 3377700 Fax: +(57.1) 3377665

Bogotá D.C., Colombia.

www.siglodelhombre.com

Canjes

Sistema de Bibliotecas Universidad de los Andes

Carrera 1 Este No. 19 A - 40

Edificio Mario Laserna

Tel. +(57.1) 7324473 ó 3394949 ext. 3323

Fax. +(57.1) 3324472

Suscripciones

<http://libreria.uniandes.edu.co>

Librería Universidad de los Andes

Carrera 1 No. 19 - 27 Edificio AU 106

Tel. +(57.1) 3394949 Ext. 2099

Bogotá D.C., Colombia.

Revista de Ingeniería

Carrera 1 Este No. 19 A - 40 Edificio Mario Laserna, piso 8.

Bogotá D.C., Colombia

Tel. +(57.1) 3394949 Ext. 1671

Impresión

Panamericana Formas e Impresos S.A.S

Dirección electrónica

<http://revistaing.uniandes.edu.co>

Correo electrónico

reingeri@uniandes.edu.co

CONTENIDO

- 5 Editorial
Antonio García Rozo
- 6 Editor invitado**
Energía y paz: retos para la construcción de un nuevo país rural
José Eddy Torres
- 10 Energía inclusiva y sostenible: experiencias, lecciones y retos en el marco de una nueva ruralidad en América Latina y el Caribe
Rafael Escobar
- 18 Contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto: el caso del Plan de Consolidación de La Macarena en Colombia
Carlos Alberto Ávila Cerón e Ignacio De los Ríos Carmenado
- 32 Tecnologías para la energización rural sostenible
Álvaro Enrique Pinilla Sepulveda
- 34 Departamento del Cesar: oportunidades para sistemas productivos sostenibles a partir de energías alternativas
Carlos Eduardo Campo Cuello y Yeimy Lucero Rivera Delgado
- 42 Retos y evidencias de sostenibilidad de procesos de energización para un nuevo país rural
Jesús Eduardo Gómez y José Eddy Torres
- 54 Microrredes aisladas en La Guajira: diseño e implementación
Nicanor Quijano, Angélica Pedraza, Miguel Velásquez, Guillermo Jiménez Estévez, Ángela Cadena, Jorge Mario Becerra y Álvaro Ramírez
- 66 Sol de La Guajira, potencial recurso natural para el departamento
- 73 “Creemos que podemos cambiar el mundo”
Wesley Kading
- 80 Barreras regulatorias y esquemas empresariales para el desarrollo de la energía rural
Ángela Inés Cadena Monroy
- 84 Limitaciones y obstáculos para el desarrollo de aprovechamientos hidroeléctricos con potencias instaladas menores a 1 MW
Leonardo Pérez Álvarez y Sergio Gómez Echeverri
- 94 “Energía segura es calidad de vida”: estrategia para la normalización del servicio de energía en barrios subnormales de la ciudad de Popayán, Cauca
Ómar Serrano Rueda
- 104 Energía para un mundo rural
Marcela Bonilla
- 112 Recomendación para la reforma institucional del sector eléctrico para las Zonas No Interconectadas – ZNI
Rutty Paola Ortiz Jara
- 120 “Un pueblo sin energía es un pueblo sin desarrollo”: Harold Valencia

MEMORIA

- 126 Reminiscencias de la Facultad

CONTENT

- 5 Editorial
Antonio García Rozo
- 6 **Guest Editor**
Energy and peace: challenges for the construction of a new rural country
José Eddy Torres
- 10 Inclusive and sustainable energy: experiences, lessons and challenges in the framework of a new rurality in Latin America and the Caribbean
Rafael Escobar
- 18 The contribution of energy towards the consolidation of economic development in post-conflict territories: the case of the Macarena Consolidation Plan in Colombia
Carlos Alberto Ávila Cerón e Ignacio De los Ríos Carmenado
- 32 Technologies for sustainable rural energization
Álvaro Enrique Pinilla Sepulveda
- 34 Department of Cesar: opportunities for sustainable productive systems using alternative energy sources
Carlos Eduardo Campo Cuello y Yeimy Lucero Rivera Delgado
- 42 Challenges and evidence of sustainability in energization processes for a new rural country
Jesús Eduardo Gómez y José Eddy Torres
- 54 Isolated microgrids in La Guajira: design and implementation
Nicanor Quijano, Angélica Pedraza, Miguel Velásquez, Guillermo Jiménez Estévez, Ángela Cadena, Jorge Mario Becerra y Álvaro Ramírez
- 66 Sunlight in La Guajira, a potential natural resource for the department
- 73 “We believe we can change the world”
Wesley Kading
- 80 Regulatory barriers and business schemes for the development of rural energy
Ángela Inés Cadena Monroy
- 84 Limitations and obstacles for the development of hydroelectric power with installed capacity of less than 1 MW
Leonardo Pérez Álvarez y Sergio Gómez Echeverri
- 94 “Safe energy means better quality of life”: strategy for the normalization of energy service in subnormal neighborhoods in the city of Popayán, Cauca
Ómar Serrano Rueda
- 104 Energy for a rural world
Marcela Bonilla
- 112 Recommendations for institutional electric sector reform for Non-Interconnected Areas – NIA
Rutty Paola Ortiz Jara
- 120 “A town without electricity is a town with no development”: Harold Valencia

MEMOIRS

- 126 Ingeeneering School Memories

EDITORIAL

Antonio García Rozo · Editor

Contacto: angarcia@uniandes.edu.co

En el Foro de la *Revista de Ingeniería “Energía para un nuevo país rural”* quisimos explorar el tema de las alternativas que existen para llevar la energía necesaria a las zonas rurales que se abren al país en las nuevas condiciones socio políticas que están por venir, y en las que buena parte de la sociedad tiene puestas las esperanzas.

En el pasado número de la revista, Carlos Gustavo Cano mencionaba cómo el aporte agroindustrial a la economía nacional colombiana se podría triplicar en un futuro cercano con la adecuada explotación de las tierras aptas que no se están utilizando. Una buena parte de estas tierras podrá tener una exploración de gran industria y otra generar diferentes alternativas para el nuevo país rural.

Lograr cubrir esas dos terceras partes del área potencialmente apta que nos falta por abarcar implica hacer atractivo al sector rural, y convertirlo en un posible campo de desarrollo profesional y personal para las nuevas generaciones. Para la adecuación de esas tierras se requiere una infraestructura tecnológica que permita su adaptación a modelos altamente tecnificados que faciliten llevar esta actividad a un nivel de competitividad global.

Al explorar el cubrimiento del servicio del suministro de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas, ZNI, podemos tener un panorama real de lo que se ha logrado en el país. Como se observó durante el Foro, estas ZNI corresponden al 51% del total del territorio colombiano, y si bien encontramos que se ha alcanzado una cobertura del 96%, solo un 3%, 6.700 kW, corresponde a energías renovables.

Este hecho que, si bien demuestra un positivo accionar en pos de llevar energía a zonas rurales, nos deja ver el reto que tenemos para el futuro frente al potencial crecimiento del nuevo país rural que se espera para los próximos años. Imaginarnos a este sector en 10 años es pensar en un entorno en el que las energías renovables deberían ser prioritarias, y su uso, así como el tamaño de las mismas, adecuado a condiciones sociales, económicas y tecnológicas, acordes con una explotación optimizada.

Una agricultura ampliamente tecnificada en extensiones pequeñas, producción ganadera que minimice sus efectos adversos al medio ambiente, soportada por un suministro de energía con tecnologías de microrredes y con múltiples

fuentes de suministro, acorde con las necesidades particulares de estos desarrollos, deberán ser parte de los modelos a diseñar e implementar.

En el presente número de la revista encontramos los resultados del Foro, en el cual tuvimos como conferencistas invitados a Rafael Escobar, exdirector de Soluciones Prácticas, de Perú, quien abordó el tema de ‘Energía inclusiva y sostenible: experiencias, lecciones y retos en el marco de una nueva ruralidad en América Latina y el Caribe; Wesley Kading, vicepresidente de la empresa Angaza Design, de los Estados Unidos, quien presentó su conferencia ‘Potenciar el crecimiento empresarial en mercados fronterizos’ y Carlos Ávila, asesor del Programa Nacional Integral para la Sustitución de Cultivos Ilícitos, PNIS, quien compartió su presentación ‘Contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto: el caso del Plan de Consolidación de La Macarena en Colombia’.

El primer panel, que estuvo moderado por Álvaro Pinilla, Ph.D., profesor titular del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, trató el tema de “Tecnologías para energización rural sostenible” y contó con la participación de Thomas Preston, Ph.D., investigador emérito del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV); Jesús Gómez, director ejecutivo de APROTEC, Patricia García, líder indígena de la ranchería Kasumana de la Alta Guajira y Nicanor Quijano, Ph.D., profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Los Andes.

El segundo panel, bajo la coordinación de Ángela Cadena, Ph.D, profesora asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes, giró alrededor del tema “Barreras regulatorias y esquemas empresariales”, en el que participaron Leonardo Pérez, gerente de Kastalia Energy; Jorge Valencia, experto comisionado de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), Ómar Serrano, gerente de la Compañía Energética de Occidente; Marcela Bonilla, asesora de la Dirección General de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); Harold Valencia, representante de la Junta Administradora de Servicios de Energía (JASE) de Punta Soldado, Buenaventura y Rutty Paola Ortiz, consultora y especialista en Gestión Pública e Institución Administrativa. ●

ENERGÍA Y PAZ: RETOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO PAÍS RURAL

Energy and peace: challenges for the construction of a new rural country

José Eddy Torres · Editor invitado

Experto en energización rural sostenible.

Exdirector del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP/USAID 2012-2017).

Contacto: jeddytorres@msn.com

Desde el primer Plan Nacional de Electrificación Rural en 1973, predomina la concepción estatal de que esta "consiste esencialmente en proporcionar energía eléctrica a los habitantes rurales carentes actualmente de ese servicio, por medio de la extensión de los sistemas eléctricos del país hacia los núcleos, veredas y viviendas dispersas clasificadas como rurales, es decir donde sus habitantes se dedican esencialmente a actividades agropecuarias y habitan a lo sumo en centros de 2.500 habitantes." [1] La suposición tradicional de muchos sectores energéticos, organismos y fondos financieros internacionales, académicos, profesionales y comunidades marginadas, de que la ampliación de "cobertura" o "conexiones" eléctricas *domiciliarias* automáticamente mejoran la vida y productividad de los habitantes rurales ha sido crecientemente cuestionada a nivel internacional. Análisis estadísticos multivariados recientes en la India por la Universidad de California en Berkeley [2] y del Banco Mundial en Bangladesh, entre muchos otros, encuentran que los beneficios socioeconómicos de la electrificación rural han sido sobrevalorados, pues "simplemente proporcionar una conexión no es suficiente para estimular el crecimiento económico, especialmente cuando la calidad del suministro eléctrico es pobre." [3]

Si bien en todo el mundo la expansión de cobertura inmediatamente mejora la iluminación de las viviendas,

la magnitud y tipo de beneficios que conllevan la electrificación rural depende de cada contexto espacial y social específico, y tienen que ver con la confiabilidad y calidad del suministro¹, los años transcurridos desde que se cuente con un suministro continuo y estable y, en no pocos casos, de la distribución de poder adquisitivo entre los usuarios conectados para dotarse de electrodomésticos y equipos productivos. Sin la existencia, o estimulación, de actividades económicas que conduzcan al aprovechamiento productivo de la electricidad y ayuden a mejorar los ingresos y poder adquisitivo familiares, la electrificación se convierte simplemente en *bombillización*. Un derecho social a estas alturas de la humanidad, pero un paupérrimo logro para un país.

Las estadísticas nacionales indican que Colombia es un país relativamente bien electrificado, con una cobertura de 96,9% del total de viviendas a diciembre de 2015, desagregada a nivel urbano en 99,72% y a nivel rural en 87,83%. [4] Sin embargo, una mirada más detallada a la realidad energética rural colombiana muestra evidencia similar a los análisis internacionales sobre el limitado papel que la electrificación ha jugado en el desarrollo socioeconómico del campo. A través de encuestas estadísticamente representativas de hogares rurales² realizadas en años recientes en el contexto del diseño de los Planes de Energización Rural Sostenible PERS

1. Horarios y cortes de suministro; oscilaciones, caídas y picos de tensión; etc.

2. Los PERS abarcan población en cabeceras municipales con Índices de Ruralidad (IR) mayor a 40% y población del resto de municipio. Los IR municipales fueron estimados por el PNUD en 2011. [6]



José Eddy Torres,
exdirector del Programa de
Energía Limpia para Colombia
(CCEP/USAID 2012-2017).
Foto: CCEP/USAID.

de departamentos bastante disímiles, se evidencia que en el territorio abarcado solo 69% de la población rural cuenta con servicio del sistema interconectado, 15% cuenta con electrificación de sistemas locales no interconectados y 16% no dispone de electricidad³. [5] El consumo promedio entre hogares interconectados es de apenas 93,14 kWh/mes y 60,16 kWh/mes en los sistemas no interconectados – muy por debajo de lo que el Gobierno define como consumo de subsistencia (y, por ende, subsidiado) para piso térmico cálido (173 kWh/mes) y para piso térmico templado-frío (130 kWh/mes). Con tan bajos niveles de consumo, dispersión de usuarios y sistema institucionalizado de subsidios, la expansión de cobertura y prestación de servicio eléctrico a nivel rural difícilmente cumpla un papel de dinamizador de la economía para estas zonas, ni sea financieramente autosostenible.

Además, en el 64% de las 1.728 localidades de Zonas No Interconectadas ZNI – que abarcan el 52% del país y coinciden en gran medida con los territorios del posconflicto donde se han priorizado los Planes

de Desarrollo con Enfoque Territorial PDET, solo se dispone de 1 a 6 horas de servicio eléctrico [5], lo que no solo dificulta sino impide el aprovechamiento de la electricidad para infraestructura social (salud, educación, alumbrado público), refrigeración, bombeo, procesamiento pos cosecha y otros fines productivos. Estos horarios exiguos de servicio reflejan un cúmulo de decisiones institucionales, como la extrema dependencia de plantas diésel de costosa operación y mantenimiento en las ZNI y el otorgamiento de subsidios al diésel no por energía entregada sino por número de horas de operación asignadas por el Estado según el número de viviendas en la localidad⁴, entre otras.

Buscando superar esta visión tradicional, desde hace 25 años en el sector energético colombiano se introdujo el concepto de “energización” rural, que incluye pero trasciende la “electrificación” rural no solo porque también abarca otras fuentes y usos térmicos y mecánicos de energía, sino porque busca que las tecnologías energéticas se inserten y dinamicen (*¡energicen!*) los procesos de desarrollo socioeconómico

3. Los valores reportados en el documento [5] se refieren a resultados de Nariño, La Guajira, Tolima y Chocó, un espectro bastante heterogéneo del mundo rural colombiano. En los departamentos de Cundinamarca y el Cesar se completaron y procesaron encuestas PERS después, ampliando la evidencia empírica de la realidad actual del uso de energía en el campo colombiano (incluyendo leña y demás fuentes).

4. 1-50 usuarios: 4 horas; 51-150 usuarios: 5 horas; 151-300 usuarios: 8 horas; >300 usuarios: 24 horas por día de generación de electricidad.

Energización Rural: proceso continuo y ordenado de uso del espectro total de portadores energéticos para atender los requerimientos de las actividades domésticas, de transporte, de servicios y productivas, que contribuyan a mejorar las condiciones de vida y la calidad y cantidad de los productos generados en el medio rural, de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible. Se enfatiza que... (se trata) de emplear las soluciones energéticas más sólidas y viables desde el punto de vista de por lo menos las cuatro dimensiones resaltadas. [7, 8,9]

rural. El Artículo 48 de la Ley Eléctrica (L143 de 1994) ordena “adelantar programas de *energización* (no electrificación)... *tanto en las zonas interconectadas como en zonas no interconectadas*,” el primer Plan Energético Nacional (1994), dedicó un capítulo entero a la “Energización Rural” y, en concordancia con los conceptos de “soluciones energéticas” esgrimidos en el PEN, en 1999 el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL, que entonces se dedicaba a la electrificación rural tradicional, se transformó en Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE, de misión más amplia⁵.

En el Recuadro 1 se define el concepto de energización rural compartido desde entonces entre diferentes fuentes.

Con estos antecedentes históricos, irrumpen en el panorama energético dos retos gigantescos para la sociedad colombiana. En el frente puramente interno, el punto 1 del Acuerdo de Paz del 2016 enfatiza su visión “hacia un nuevo campo colombiano,” que incluye objetivos genéricos de desarrollo sostenible como la erradicación de la pobreza rural y, en lo que atañe al sector energético, objetivos específicos como “La promoción y aplicación de soluciones tecnológicas apropiadas de generación eléctrica de acuerdo con las particularidades del medio rural y de las comunidades”⁶. En el frente internacional, Colombia suscribió los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS) en el 2015, y en 2018 estableció su Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus 17 ODS interrelacionados mediante documento CONPES.

[10] Entre estas ambiciosas metas, se comprometió a garantizar para el año 2030 el acceso universal a energía *asequible, fiable, sostenible y moderna* (ODS 7) – cuatro adjetivos muy deliberadamente escogidos por los redactores del compromiso mundial, que reflejan que gran parte de la humanidad depende de energías contaminantes, costosas, inestables u obsoletas, además de no ser accesibles para todos por barreras financieras, geográficas, socioculturales o incluso regulatorias, entre otras. Y ¡no nos queda sino una década de acción decisiva para lograrlo!

En todo el planeta –incluyendo las variadas regiones colombianas– han aumentado las acciones, proyectos y procesos que integran la energía sostenible con la reducción de la pobreza y la transformación social y económica de poblaciones marginadas, como las que habitan en nuestras Zonas No Interconectadas ZNI y territorios sometidos a largos años de conflicto. En años recientes hemos visto mejoras notables en la eficacia y accesibilidad de las tecnologías de generación y aprovechamiento de energías renovables y convencionales, que sus costos bajan y que los modelos de negocios se transforman para superar las barreras financieras que limitaban el acceso y aprovechamiento constructivo de energía a poblaciones rurales y pequeño-urbanas. Para lograr el acceso inclusive, productivo y transformador de fuentes y tecnologías energéticas sostenibles en el medio rural y pequeño-urbano colombiano, hoy contamos con el conocimiento colectivo planetario, las experiencias y lecciones aprendidas en

5. En 2004 se reestructuró el IPSE en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas *para las Zonas No Interconectadas*. Aunque desde su origen debiera abordar la energización de forma amplia, en la práctica continúa electrificando bajo nociones de *cobertura*.

6. Ver acuerdo de paz en <http://www.altocomisionadopalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos%20compartidos/24-11-2016NuevoAcuerdoFinal.pdf>

regiones rurales colombianas y la capacidad financiera colectiva si juntamos recursos y esfuerzos comunitarios y particulares, sin dependencia exclusiva de paternalismo estatal o cooperación internacional.

En el Foro de la *Revista de Ingeniería 'Energía para un nuevo país rural'* y en la presente edición de la *Revista de Ingeniería*, la Universidad de los Andes quiso explorar los retos y oportunidades que enfrentamos hoy en Colombia para impulsar el desarrollo económico y el bienestar social de nuestra población rural, a través de la contribución que la incorporación sostenible de las distintas fuentes y tecnologías energéticas puede hacer – y ha hecho – al desarrollo local en territorios rurales y poblados pequeños dispersos o aislados. Se reúnen aquí los testimonios y visiones de líderes comunitarios, ingenieros de campo, planificadores, reguladores, investigadores, empresarios públicos y privados, que desde sus distintas perspectivas muestran caminos recorridos y lecciones aprendidas en proyectos y tecnologías probadas en distintos territorios del país, así como experiencias internacionales que muestran cómo se enfrenta la búsqueda de soluciones para la universalización del acceso a energía moderna y sostenible en otros países y continentes.

Pero, ¿realmente existen en Colombia las condiciones regulatorias, empresariales y sociales para dinamizar la penetración de proyectos, productos y servicios energéticos a las escalas, necesidades y dispersión

geográfica del campo colombiano? ¿O como sociedad todo el sistema energético lo hemos pensado, orientado e institucionalizado solo para atender los grandes mercados urbanos y metropolitanos, por mega-empresas y bajo mega regulaciones? Si frenamos el desarrollo de sistemas energéticos en pequeñas comunidades rurales para cumplir las condiciones jurídicas y empresariales pensadas para mercados aglutinados urbanos; si seguimos exigiendo el licenciamiento ambiental pensado para obras de 100 MW para MCHs de solo 8 kW (12.500 veces menores) como uno que la institucionalidad pública ambiental impidió para una comunidad Arhuaca por encontrarse en el borde del PNN de la Sierra Nevada; si seguimos exigiendo el cumplimiento de normas RETIE pensadas para ciudades de concreto en chozas de madera donde no se puede empotrar tubería en las paredes; si las empresas energéticas, las ONGS y las comunidades solo emprenden iniciativas energéticas si perciben subsidios públicos o internacionales, si seguimos fomentando la subsidio-dependencia en todos esos territorios, ¿sí es posible la energización del campo? Para superar estas barreras, debemos comprender al país rural y adecuar nuestros comportamientos e instrumentos institucionales y empresariales a esas realidades y oportunidades de desarrollo sostenido.

Es hora de que la energización sostenible contribuya a la construcción de un nuevo país rural. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ICEL. (s.f.) La Electrificación en Colombia 1973-1974, Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

[2] Burlig, F. & Preonas, L. (2016). Out of the Darkness and Into the Light? Development Effects of Rural Electrification. Berkeley: Energy Institute working papers, Haas School of Business, University of California, October.

[3] Samad, H. & Zhang, F. (2017). Heterogeneous Effects of Rural Electrification: Evidence from Bangladesh. World Bank Policy Research Working Paper 8102, June.

[4] MINMINAS, UPME & IPSE. (2018). Lineamientos Plan Nacional de Electrificación Rural PNER 2018-2031. Documento a Discusión. Bogotá: Gobierno de Colombia, julio.

[5] UPME. (2016). Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica PIEC 2016-2020 Anexos. Bogotá: Grupo de Cobertura, Subdirección de Energía Eléctrica, Unidad de Planeación Minero Energética, noviembre.

[6] PNUD. (2011). Colombia Rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH PNUD, septiembre.

[7] Grupo de Trabajo Latinoamericano y del Caribe sobre Energización para un Desarrollo Rural Sostenible – GLAERS. (1990). Energización para un Desarrollo Rural Sostenible – Enfoque Metodológico. Buenos Aires: FAO-SECYT-INTA, mayo.

[8] UPME. (1994). Plan Energético Nacional - PEN, Bogotá: Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero-Energética, mayo.

[9] UPME. (2015). Guía para la Elaboración de un Plan de Energización Rural Sostenible. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero-Energética, junio.

[10] Departamento Nacional de Planeación. (2018). Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia (Documento CONPES 3918). Bogotá, D.C., Colombia: DNP, marzo.

ENERGÍA INCLUSIVA Y SOSTENIBLE: EXPERIENCIAS, LECCIONES Y RETOS EN EL MARCO DE UNA NUEVA RURALIDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Inclusive and sustainable energy: experiences, lessons and challenges in the framework of a new rurality in Latin America and the Caribbean

Rafael Escobar

Exdirector de Soluciones Prácticas.
Gerente Energía, Ambiente y Sostenibilidad.
Lima - Perú.
Contacto: rescobarport@gmail.com

Resumen

En el presente artículo, se hace un análisis rápido de los avances en el acceso a la energía que ha experimentado el mundo, en especial América Latina y el Caribe (ALyC), y se plantean interrogantes sobre los planes que priorizan la conexión. También se describe el modelo de gestión comunitario empresarial desarrollado por Soluciones Prácticas, para lograr la sostenibilidad de sistemas energéticos rurales. Se propone, además, la planificación energética territorial participativa, de abajo hacia arriba, como una metodología para la energización rural. Finalmente se hacen algunas conclusiones en la perspectiva del acceso inclusivo de la energía.

Palabras clave: energización, modelo comunitario empresarial, planificación energética territorial participativa, uso productivo.

Abstract

In this article, we analyze the progress in access to energy that has been experienced by the world and Latin America and the Caribbean (LAC), and we raise questions about access plans, which prioritize grid connection. It also describes the business community management model developed by Practical Action, to achieve the sustainability of rural energy systems. Participatory territorial energy planning is proposed, from the bottom up, as a methodology for rural energization. Finally, some conclusions are presented on achieving an inclusive access to energy.

Key words: energization, business community model, participatory territorial energy planning, productive use.

Introducción

1. El acceso a la energía en el mundo y en ALyC

Diversos son los estudios que ratifican que en los últimos 20 años el acceso a la energía se ha incrementado sustancialmente en el mundo. Todos los continentes, incluyendo África, expresan números alentadores en relación a una mayor cobertura eléctrica. Sin embargo, es importante señalar que si no se realizan cambios y ajustes a las actuales estrategias de acceso, se presentarán algunos problemas como lo advierte *Poor People's Energy Outlook 2018 - Practical Action*. "Sin un cambio de rumbo, para el año 2030, el número total de personas sin acceso a la electricidad seguirá siendo casi de 900 millones, 3 mil millones seguirán cocinando con combustibles tradicionales y 30 millones se habrán muerto de enfermedades relacionadas con el humo".

Es importante seguir avanzando con el acceso a la energía de los más pobres, pero es vital que se cambie de paradigma en algunos programas país, en

tanto, se ha percibido que el hecho de presentar la conexión domiciliaría como un elemento central del acceso, probablemente es un buen mecanismo para dar cuenta del alcance de algunas metas globales, pero no es un indicador de menor pobreza y mejor calidad de vida. En muchos casos, se ha priorizado el alumbrado desestimando otros usos tan vitales para el ser humano. "El acceso a la energía a veces puede parecer solo como un problema «técnico», pero sus consecuencias son en realidad muy humanas"; *Poor People's Energy Outlook 2018 - Practical Action*.

Como hemos señalado anteriormente, se puede advertir que el acceso a la energía a nivel universal, así como en ALyC, se ha incrementado sustancialmente. Según la CEPAL 'Avances en materia de energías sostenibles en América Latina y el Caribe 2017', esto se debió, fundamentalmente, a las importantes decisiones de los distintos gobiernos, a la par de que se han aprovechado los cambios tecnológicos que no solo han mejorado su eficiencia, sino también la reducción en términos de costos unitarios y globales en las diversas opciones tecnológicas renovables (ver gráfico No 1).

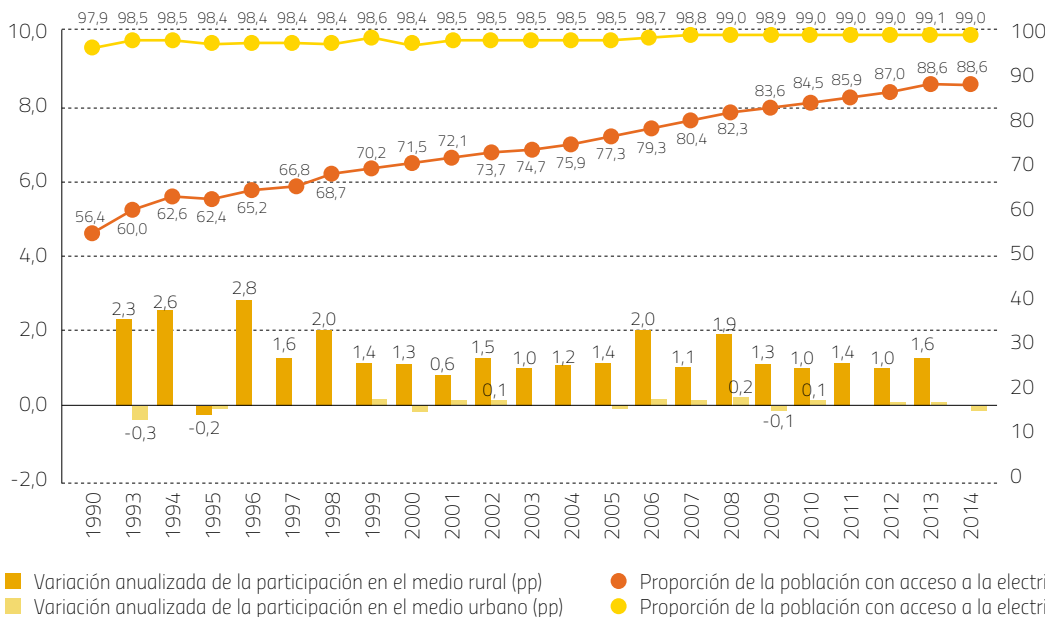


Gráfico 1. ALyC, acceso a la energía: porcentaje de la población urbana y rural con acceso a la electricidad y variación anualizada de la participación (1990-2014). Fuente: IEA & Banco Mundial.

En términos generales, se puede inferir que el acceso a la electricidad, en muchos países de ALyC, presenta en promedio el 90% definiendo un escenario optimista, pues se da cuenta del gran avance. Sin embargo, este resultado nos plantea dos preguntas importantes: 1 ¿las estrategias implementadas para lograr un avance en el acceso son las más adecuadas y pertinentes? y 2, ¿las familias aún sin acceso, denominada la "última milla", podrán acceder mediante esas mismas estrategias o debemos mejorar y/o adecuar lo hecho a la fecha? Consideramos que para responder a ello, es necesario revisar en forma crítica lo realizado y desarrollar de forma creativa estrategias en relación a un proceso de inclusión con criterios de sostenibilidad.

Existen muchas evidencias que los altos porcentajes mostrados a nivel país reflejan algunas incongruencias, por lo que debemos observarlos con cierto optimismo, pero también con bastante reflexión, dado que un aspecto claro, como es la persistente pobreza rural, denota que no ha cambiado mucho el ingreso familiar. Indudablemente, se ha reducido el uso de combustibles fósiles o algún combustible tradicional. Sin embargo, este cambio debería ser soportado por acciones que permitan ascender el escalón para salir de la pobreza. Una de las mejores formas para lograrlo es el incentivo del uso de la energía en la producción.

Gráfico 2. Estrategias usadas para lograr el acceso a la energía.
Fuente: elaboración propia.



El acceso logrado se ha dado por diversas estrategias que han utilizado los diferentes países. Dentro de ellas se destaca la extensión de redes conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Otra estrategia ha sido los proyectos de masificación, usando sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFVD) y finalmente

proyectos pilotos con sistemas hidroenergéticos de mediana escala.

En el primer caso, dada su prioridad en la conexión eléctrica, se ha desestimado incluir servicios como la cocción, internet y otros. Muchos de estos usuarios conectados a

través de las redes eléctricas, por ejemplo, en Perú, son administrados por las empresas eléctricas nacionales, y son parte de los clientes facturados que dada la dispersión de las viviendas, la pobreza de las familias y los bajos consumos, han generado problemas en la implementación de mecanismos para una buena gestión.

Por el lado de los usuarios, por ejemplo, se manifiesta que el servicio no es de calidad y no permite el uso de la electricidad en algún negocio o comercio. En muchos casos, estas conexiones consumen en promedio 15 kWh/mes, los mismos que no aportan a la rentabilidad de dichas empresas. Por lo general, la recaudación no compensa los costos de administración, repercutiendo en el balance y equilibrio financiero del negocio de energía.

En los casos de los sistemas energéticos regulados, a través de la instalación de SFVD, al igual que la primera estrategia, no han incorporado criterios para la sostenibilidad más que las tarifas reguladas a las cuales están sujetas. Muchos de estos sistemas están manejados por las empresas eléctricas o por unidades de negocio locales. Adicionalmente, el avance de dotar subsidios al consumo, experiencias que en su mayoría no han tenido el éxito deseado, han demostrado que las empresas no responden a los diferentes problemas que se presentan dentro del servicio, hecho que desencadena un alta morosidad.

En definitiva, se debe trabajar a futuro en dos variables importantes del servicio eléctrico: la calidad y permanencia del servicio, aspectos que inciden en la aceptación del sistema por el usuario final y la respuesta a sus expectativas personales.

2. De la electrificación a la energización rural, ¿es suficiente?

Como se ha indicado líneas arriba, la electrificación rural sustentada solo en la conexión tiene sus limitaciones y ha sido necesario hacer cambios. Ya en los años 90 emergió como alternativa el enfoque de la energización

rural, como una opción a la forma tradicional de entregar energía en la zona rural. Dicho enfoque buscaba cubrir las demandas de energía con diferentes opciones modernas de energía. Con ello, se proponía que el acceso a la energía cubriera todas las necesidades y a la vez promovía modelos de gestión más adecuados a las demandas locales. En esa perspectiva, es que Soluciones Prácticas en Perú desarrolló una experiencia por más de 13 años; la misma que en este artículo se describe con el propósito de compartir algunas lecciones importantes para el desarrollo energético rural.

En 1992, Soluciones Prácticas (ITDG) firmó un convenio¹, con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el cual recibió un financiamiento del Programa de Pequeños Proyectos que incluyó un aporte reembolsable de US\$ 400,000 para un Fondo Rotatorio de Microcentrales Hidroeléctricas (MCH) y uno no reembolsable por US\$ 120,000 para fortalecimiento institucional. El proyecto, por sus buenos resultados e impactos, fue apoyado y ampliado hasta en dos veces, vía nuevos convenios de financiamiento, hasta llegar a un monto total de 1 millón de dólares.

Este proyecto desarrolló un paquete tecnológico y un modelo de gestión que ha permitido tener a la fecha algunos de los sistemas energéticos en pleno funcionamiento, el cual ha sido reconocido por su aporte al desarrollo sostenible en Perú², y ha sido fuente para la réplica en otros países de América Latina. A continuación, se describe en forma sucinta las particularidades del modelo de gestión comunitario empresarial, y se destacan las lecciones para la sostenibilidad.

2.1. El modelo de gestión comunitario empresarial (los actores y las instancias participantes)

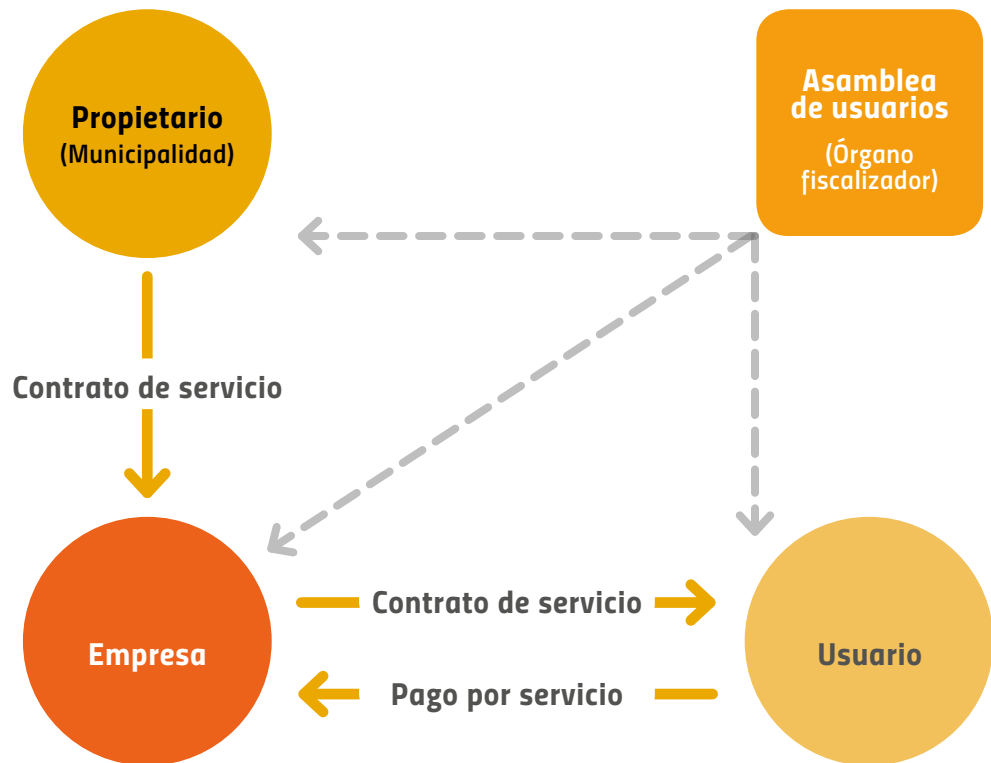
El modelo está concebido como una empresa comunitaria que administra el servicio eléctrico implementado a partir del uso de Microcentral Hidráulica³. El modelo comprendió tres actores principales: el propietario, los usuarios y la empresa prestadora de servicios de gestión.

1. Convenio de Financiamiento y Cooperación Técnica entre el BID e ITDG del 27.11.92

2. Premio Sasakawa 2008, por sus contribuciones notables en el tema de manejo sostenible del medioambiente y reducción de emisiones de carbono – Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (PNUMA).

3. La potencia máxima de las Micro Centrales Hidráulicas (MCHs) implementadas no sobrepasaron los 500 kW.

Gráfico 3. Esquema del modelo de gestión empresa comunitaria.
Fuente: Soluciones Prácticas - 2007.



El propietario

Esta definición de la propiedad es la piedra angular del modelo comunitario empresarial. La propiedad generalmente se le atribuye al gestor del financiamiento o este se "auto-atribuye". Si la gestión lo realizó la municipalidad, entonces esta reclamaba su supuesto derecho de propiedad, aunque en términos reales, la propiedad de la municipalidad significa del pueblo⁴. Para la aplicación de este modelo, el tema de la propiedad debe estar bien definido. En el proyecto, luego del análisis realizado, se definió que la municipalidad debería recibir esta propiedad, pero no la administración del servicio eléctrico, una vez implementado el sistema energético.

La empresa

La empresa comunitaria se responsabiliza de la gestión del sistema. Es una organización local, formada por campesinos de la misma comunidad. Su incorporación en la gestión debe ser mediante un concurso de méritos y respetando las normas legales vigentes.

Al ser una empresa local, los costos de gestión eran muy bajos, lo cual se produce por la diferencia relativa que existe en cuanto a costos de personal de otras ciudades más grandes e importantes, pero también porque se evitan costos de traslados, viáticos, y otros gastos en los que incurren empresas o servicios más centralizados. Sin embargo, el "reclutamiento de la pequeña empresa privada local", para este fin es complicado, por lo que se diseñaron instrumentos ad hoc para este proceso. Se realizaron, entre otras cosas, la evaluación de capacidades (hombres y mujeres), un proceso de capacitación y asistencia técnica para identificar y formar a posibles empresarios y orientarlos a la formalización.

Un aspecto importante en este proceso de promover emprendimientos para la gestión del sistema ha sido establecer rangos de nivel educativo para operadores y administradores de las microcentrales. Para un operador, era imprescindible saber leer y escribir, y para un administrador haber concluido el tercer grado de secundaria⁵.

4. Las autoridades locales por lo general tienden a confundir su papel de representantes del pueblo y por lo tanto se sienten propietarios.

5. Equivalente a un proceso de estudio de 8 años en el sistema educativo.

Los usuarios

Lo constituirían todas las poblaciones que recibieran el servicio de electricidad, y que estuvieran dispuestas a pagar una tarifa. La idea es que todos ellos cuenten con el servicio domiciliario de electricidad y con instrumentos de medición del consumo (medidores) y puedan usarlo en sus negocios o con este accionar alguna máquina o equipo.

2.2. Los instrumentos de aplicación del modelo

Esquema de tarifas: uno de los temas más importantes para el éxito de esta iniciativa es el diseño y aplicación de un modelo tarifario justo. En ese sentido, lo que se ha podido obtener de las evaluaciones de campo, hechas de diferentes casos, es que la tarifa justa es siempre un valor acorde al consumo, "quien más consume, más paga".

Contratos: la elaboración de contratos que especifiquen los compromisos asumidos por cada una de las partes, propietario, empresa y beneficiarios (usuarios domésticos, pequeñas empresas, escuela, entre otros), es importante y debe hacerse respetando las normas legales vigentes a fin de que se cumplan los compromisos asumidos.

Reglamento: el servicio de electricidad requiere de una serie de normas sobre los derechos y deberes de los usuarios. Ello permite un uso ordenado y respetuoso de la energía y se evitan faltas realizadas por el usuario o de la empresa. Aquí no se restringe el uso productivo; por el contrario se incentiva a ello.

Capacitación: desarrollar capacidades a nivel rural exige un programa de capacitación que exige crear esta formación a través de diferentes aspectos relacionados con la operación, su mantenimiento y administración. La capacitación debe hacerse a todos los involucrados en el servicio, propietario, empresa y usuarios.

Fiscalización: la participación de la población en la toma de decisiones con respecto al servicio eléctrico y del sistema en general, debe ser organizada. Para ello, es importante conformar una "Asamblea de Usuarios" que será el ente fiscalizador del servicio.

2.3. Esquema de tarifas para un modelo sostenible

El esquema que a continuación se describe, es un modelo desarrollado por Soluciones Prácticas denominado "Modelo de Bloques Descendentes". Esta guía tarifaria requiere el uso de medidores de energía y el cobro se hace de acuerdo al consumo.

En este modelo, los costos por kWh van descendiendo de acuerdo al consumo. Los primeros tienen un alto precio y luego van disminuyendo hasta un tope mínimo, como se muestra en el gráfico No 4. Es importante advertir que este modelo no prevé la reposición total del sistema, sino que aspira a cubrir los costos de O&M y gestión, incluyendo algunas acciones de mantenimiento correctivo.

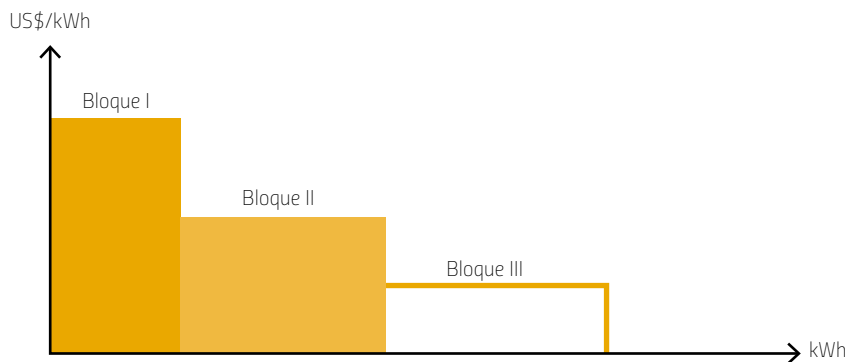


Gráfico 4. Esquema de tarifas para bloques descendentes.
Fuente: Soluciones Prácticas – 2007.

MCH de Suro Antivo 25 KW.
Cajamarca, Perú.
Soluciones Prácticas.



Bloque I, tiene un costo similar o ligeramente mayor a la tarifa promedio estipulada por el organismo nacional regulador de tarifas de ese momento (Comisión Nacional de Tarifas) para zonas rurales; en el caso de Perú la BT-5 (tarifa subvencionada). En promedio las familias pagaban USD 3.50/mes.

Bloque II, debe estar alrededor de la tarifa promedio para zonas rurales (BT-5) o muy ligeramente menor. Esto implicaba muchas veces un pago variable de USD 3 a 6 /mes, que se sumaba al primer tramo (bloque I).

Bloque III, es de costos promocionales. Generalmente es el bloque que permite usos productivos y, por lo tanto, debe ser bajo pero teniendo cuidado de no afectar las recaudaciones. Este también era variable.

Haciendo un balance de este modelo es importante manifestar lo siguiente:

- La tarifa, sumados los bloques, hacía una diferencia entre el primero y el tercero, lo cual definía el criterio de justicia. Además, aseguraba los recursos para el funcionamiento del sistema energético en su conjunto.
- El desarrollo de capacidades, pasar del curso a un programa de capacitación, fue muy importante. Se definió que la capacitación no era un gasto sino una inversión.
- Se constituyeron muchas empresas comunitarias para administrar el servicio eléctrico, con contratos legales, elemento que en muchos casos impidió la manipulación política.

- El esquema de tarifas incentivó el desarrollo de pequeños negocios, promoviendo el uso productivo de la energía, dándole el margen económico que necesitaba el servicio eléctrico para su funcionamiento óptimo.
- La población experimentó un incremento de su ingreso promedio mensual del 30%.
- Los servicios de salud, educación y otros emprendimientos fueron parte del diseño del sistema energético.

3. Los retos al 2030: acceso inclusivo y sostenible

Los compromisos orientados a disminuir las emisiones de efecto invernadero producidas por el sector energético, para contribuir así a la mitigación del cambio climático, vienen desencadenando el uso de diversas tecnologías limpias. Las experiencias realizadas en el marco de la energización rural, así como los avances importantes en relación al acceso universal, han brindado muchas lecciones positivas y otras que deben generar una reflexión a fin de lograr un desarrollo sostenible. Se estima que en América Latina y el Caribe alrededor de 14 millones de personas no disponen de electricidad y 84 millones de habitantes carecen de acceso a tecnologías de cocción.

En esa perspectiva, un criterio que es sin duda ineludible es el hecho de la participación de la población en torno a la identificación y definición de sus necesidades prioritarias. Lo ideal es hacer un esfuerzo para diseñar

estrategias de acceso, con el involucramiento de las poblaciones que esperan servicio energético oportuno y de calidad. Ello implica desarrollar procesos de planificación más cercana a las autoridades locales y a las futuras familias usuarias. Entre estos modelos se pueden identificar a los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS)⁶ promovidos formalmente por las instancias del sector energético de Colombia o la Planificación Energética Territorial Participativa (PETP)⁷, impulsado por Soluciones Prácticas en Perú. Estas metodologías han permitido dotar de servicios energéticos en forma creativa y cubrir las diferentes necesidades usando diversas tecnologías (electricidad, cocción, uso productivo, entre otras).

Un siguiente criterio, es lo referente a la demanda de energía, entendiendo esta como un conjunto de necesidades que debe cubrirse para lograr salir de la pobreza. Obviamente, el uso productivo es clave pero también es necesario considerar en la curva de demanda lo concerniente a los consumos de leña y el uso de tecnologías para la cocción. Así mismo, el acceso a internet y el manejo adecuado de residuos son, sin duda, elementos importantes para tener en cuenta en un enfoque más integrador, inclusivo y sostenible.

Por otro lado, el escenario actual, referido al territorio y al aspecto geográfico, tiene otras características diferentes a las que había hace 20 años. La dispersión es más acentuada, lo cual tiene muchas implicaciones en los criterios de localización de las viviendas que se conocían comúnmente. Esta dispersión tiene serias implicaciones en la forma cómo se diseñan

los sistemas energéticos, la modalidad, cómo se desea entregar el servicio eléctrico, la instalación, operación, mantenimiento (preventivo y correctivo) y la administración.

Un reto que define y respalda los puntos antes indicados es lo referente a la actuación de las direcciones y ministerios comprometidos con las metas del país. Es importante dar paso a algunos arreglos institucionales que posibiliten un trabajo con objetivos comunes.

4. Conclusiones

En esta parte se describen algunas ideas claves para diseñar futuros programas para el acceso a la energía de manera más inclusiva y sostenible:

- El acceso no puede basarse en apreciaciones de arriba hacia abajo. Debe tener en cuenta los requerimientos que las personas pobres necesitan realmente.
- No se puede confundir la electricidad con la energía.
- Deben considerarse los estándares mínimos aceptables para el acceso a un servicio creíble, legítimo y sostenible.
- No se puede usar el número de conexiones como único indicador para el acceso.
- Deben asumirse criterios como la asequibilidad, la seguridad, la fiabilidad y la conveniencia.
- Es necesario tener una intervención interdisciplinar. Visiones integrales son fundamentales para un buen desarrollo energético.
- Se debe promover una mayor autodeterminación de gobiernos locales y comunidades. Planificar desde la demanda. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial. (2007). Informe sobre la sostenibilidad del medio ambiente, Banco Mundial.

Escobar, R. (2006) Participación comunitaria y sostenibilidad de proyectos energéticos rurales.

Escobar, R. Gamio, P. Moreno, A. Castro, A. Cordero, V. Vásquez, U. (2016). Energización rural mediante el uso de energías renovables para fomentar un desarrollo integral y sostenible: Propuestas para alcanzar el acceso universal a la energía en el Perú. Lima: MINEM.

NU. CEPAL. (2009). Contribución de los servicios energéticos a los Objetivos de Desarrollo del Milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y El Caribe. Edit. CEPAL.

ONU - Energía. (2014). PERÚ: Rapid Assessment and Gap Analysis. En Sustainable Energy for All – Américas.

Practical Action (2016). Programa energético de los pobres 2016: Planificación Nacional desde abajo hacia arriba. Reino Unido: Practical Action Publishing.

6. Proceso incorporado en la política energética nacional y promovida por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME en Colombia.

7. Proceso desarrollado por Soluciones Prácticas en la provincia de San Pablo, en la Región Cajamarca – Perú.

CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA A LA CONSOLIDACIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO EN TERRITORIOS EN POSCONFLICTO:

el caso del Plan de Consolidación de La Macarena en Colombia

The contribution of energy towards the consolidation of economic development in post-conflict territories: the case of the Macarena Consolidation Plan in Colombia

Carlos Alberto Ávila Cerón, Ph.D.¹ e Ignacio De los Ríos Carmenado, Ph.D.²

1. Investigador GESPLAN (Grupo I+D Planificación y Gestión del Desarrollo Rural-Local). Asesor del Programa Nacional Integral para la Sustitución de Cultivos Ilícitos, PNIS. Contacto: carlosalberto.avila1128@gmail.com
2. Director ESPLAN (Grupo I+D Planificación y Gestión del Desarrollo Rural-Local). Contacto: ignacio.delosrios@upm.es

Resumen

En este documento se presenta cómo la contribución de la energía facilita la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto con presencia de cultivos ilícitos y cómo se convierte en factor primordial para el tránsito de economías ilegales a legales. La propuesta conceptual aplicada integra elementos del Análisis de Políticas y el Aprendizaje social (Friedmann, 1991; Cazorla et al, 2015), sustituyendo a los tradicionales e ineficaces modelos de Reforma social (Friedmann, 1991) desarrollados desde el Estado en este tipo de acciones.

Tras una revisión del marco teórico de la planificación del desarrollo rural en zonas afectadas por los cultivos ilícitos, se realiza un análisis de la experiencia desarrollada en la región de La Macarena desde las bases conceptuales del modelo WWP. Los resultados evidencian los efectos del modelo WWP y la necesidad de una estrategia de posconflicto con una alta relevancia de cara a la generación de prosperidad rural mediante la contribución de proyectos de alto impacto de electrificación rural para el desarrollo económico en territorios en posconflicto y la generación de confianza desde las relaciones sociales y el trabajo con la gente. Estas son las principales premisas para estructurar el tejido social y la construcción de valores que permitan generar prosperidad rural y estabilización desde una visión de sostenibilidad.

Palabras clave: posconflicto, cultivos ilícitos, desarrollo rural, electrificación rural, trabajando con la gente.

Abstract

This document describes how energy facilitates the consolidation of economic development in post-conflict territories where illicit crops are grown and how it becomes a primary factor for the transit from illegal to legal economies. The applied conceptual proposal integrates elements of Policy Analysis and Social Learning (Friedmann, 1991; Cazorla et al, 2015), replacing the traditional and ineffective models of social reform (Friedmann, 1991) developed by State for this type of actions.

After a review of the theoretical framework for rural development planning in areas affected by illicit crops, an analysis of the experience developed in the La Macarena region was carried out from the conceptual basis of the WWP model. The results show the effects of the WWP model and the need for a post-conflict strategy for economic development in post-conflict territories with emphasis on creating rural prosperity through high-impact rural electrification projects, and developing trust in those communities starting from basic social relationships and working with people. These are the main premises for restructuring the social fabric and developing values that allow for rural prosperity and stability within a framework of sustainability.

Key words: post-conflict, illicit crops, rural development, rural electrification, working with people.

Introducción

En este artículo se valida el nuevo enfoque metodológico para la sustitución de cultivos ilícitos en zonas de posconflicto en Colombia, específicamente en la región de La Macarena como “laboratorio vivo”, basado en el modelo “Trabajando con la gente WWP”.

Aunque el debate sobre las políticas y las medidas para la sustitución de cultivos ilícitos en zonas de posconflicto se ha dado a nivel internacional en numerosas investigaciones, en este documento se valida, por primera vez, el efecto de la contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto. La presente investigación es un proceso de aprendizaje social dinámico, en donde el conocimiento generado se deriva de la experiencia y se valida en la práctica. Es integralmente una parte de la acción y, como tal, reconoce la capacidad de la gente para crear conocimiento y proponer soluciones a partir de su propia experiencia (Cazorla et al., 2006).

Con la implementación del modelo WWP se valida un nuevo enfoque, desde un modelo mixto de planificación del desarrollo alternativo, con aprendizaje social y análisis de políticas. Uno con enfoque “bottom up” de abajo hacia arriba y el otro de manera invertida de arriba hacia abajo, “top down”. Ambos enfoques, “bottom up” y “top down”, se han demostrado necesarios y complementarios para involucrar a las instituciones gubernamentales de distintos niveles (local, regional y estatal), y la participación de los actores sociales, de cara a implementar los proyectos y acciones desde el Acuerdo de Paz.

Hoy, las distintas partes del Gobierno nacional, las comunidades rurales y las FARC deberán seguir “trabajando juntas”, en este “laboratorio vivo” para seguir implementando los proyectos en el marco del Acuerdo de Paz. Desde las bases del modelo WWP,

se está en un “proceso vivo” de trabajo con la gente para la formulación de proyectos de alto impacto que sean motor para la prosperidad rural, gracias a la electrificación rural.

En la revisión de la literatura, pocos estudios se han centrado en relacionar los efectos que tiene la electrificación rural frente a la sustitución de los cultivos ilícitos, con el concepto de prosperidad, y mucho menos con las directrices voluntarias para la gobernanza de la tierra. El objetivo de esta investigación es valorar el efecto de la contribución de la energía en la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto, con un nuevo enfoque metodológico para la sustitución de cultivos ilícitos, basado en el modelo WWP. Para ello se analizan los “cambios” en una región compleja del país desde el trabajo con la población local, las instituciones municipales y departamentales.

La presente investigación se centra en la experiencia de La Macarena, Meta, una región de alta complejidad social, afectada por el conflicto histórico de las FARC durante más de 50 años. Esta región fue seleccionada para este estudio por presentar las siguientes características: 1º) se vienen promoviendo procesos de aprendizaje social entre productores, empresas, organismos de la sociedad civil y gobiernos locales, regionales y nacionales; 2º) está considerada como una experiencia exitosa con una finalidad económico-social, reconocida desde distintos foros; 3º) existe una estrategia innovadora con alianzas público-privadas para implementar proyectos de alto impacto orientados a la sustitución de cultivos ilícitos; 4º) tiene un especial interés ambiental y un extenso territorio selvático comprendido por varios parques nacionales naturales (Sierra de la Macarena, Tinigua, Cordillera Picachos y una parte del Sumapaz) que representan alrededor del 30% de la región (Universidad Nacional de Colombia, 1989) con más de 14 mil kilómetros cuadrados de zonas preservadas (Franco, 2010); 5º) tiene una diversidad

Imagen 1.
Región de La Macarena.



cultural con asentamientos indígenas reconocidos en tres resguardos (Los Planes en Uribe, Ondas del Cafre y Villa Lucía en Mesetas); 6°) integra un proceso histórico de más de 50 años de conflicto con los grupos armados ilegales y actividades delictivas para la producción y comercialización de cocaína en Colombia (Ávila and De los Ríos, 2017).

El marco metodológico aplicado se basa en el modelo WWP (Cazorla et al., 2013), fruto de 25 años de experiencia en proyectos orientados a mejorar la prosperidad de las zonas rurales en contextos europeos y en países emergentes. Desde una nueva propuesta conceptual, se aborda el “cambio” desde el trabajo con la gente, incorporando una visión integrada y elementos de la planificación como el aprendizaje social.

Los resultados de la aplicación se presentan desde los componentes del modelo WWP. Su implementación ha permitido generar una tipología de proyectos y acciones que están teniendo influencia directa en el desarrollo de la región generando prosperidad desde un equilibrio entre las tres dimensiones del modelo WWP: político-contextual, ético-social y técnico-empresarial.

2. La planificación de la lucha contra los cultivos ilícitos en Colombia

Desde la década de los años 70, el Gobierno colombiano ha venido implementando políticas y programas para tratar de controlar el problema de la oferta de cultivos ilícitos, invirtiendo enormes cantidades de recursos humanos y materiales (Páez, 2012). Se trata de

programas diseñados desde los gobiernos, orientados desde el conocimiento de expertos internacionales, para combatir la producción de los cultivos ilícitos (Moreno et al, 2003) y proveer opciones lícitas que generen empleo e ingresos alternativos a las comunidades rurales. Estas poblaciones de las zonas objeto de “erradicación” que se acogen a las medidas de estos programas se comprometen a no continuar dependiendo de estos cultivos.

Desde la primera acción, a gran escala, denominada “Operación Fulminante” e implementada desde el Ejército de Colombia en 1978 (Tokatlián, 1978), los procesos de planificación para la lucha contra los cultivos ilícitos han adoptado el modelo clásico de reforma social, en donde el diseño de las medidas de los programas se caracteriza por ser “desde arriba”, es decir, desde la Presidencia y el conocimiento de la Cooperación Internacional. La visión de conjunto corresponde solo a los planificadores y directores de los programas (Cazorla et al, 2015). Se trata de programas temporales del gobierno en los que la sostenibilidad en el tiempo es escasa, igual que la integración social en la ejecución los programas sectoriales y los planes de desarrollo dentro de las políticas de los gobiernos. Algunos de estos programas son: Campo en Acción entre 1990 y 1994, el Plante y Pa'lante entre 1994 y 1998. Tal vez, uno de los más importantes es el Plan Colombia (desde 1999), programa que inicia su ejecución durante el gobierno 1998 – 2002 donde sus propósitos fundamentales son la lucha contra el problema mundial de las drogas, el crimen organizado y la violencia que este genera, la reactivación económica y social, el fortalecimiento de las instituciones democráticas, y los avances en las negociaciones de paz en el país.

El Plan Colombia es un acuerdo bilateral suscrito por el Gobierno de Colombia y el de los Estados Unidos. Posteriormente, entre el 2002 y 2010 se puso en marcha el Programa Presidencial contra los Cultivos Ilícitos, PCI, el cual tenía dos estrategias, la erradicación manual voluntaria (“Programa Familias Guardabosque y Proyectos Productivos”) y la erradicación manual forzosa, entre el 2008 y el 2014. Estos programas recogen la experiencia del Plan Colombia y continúan con la misma estrategia, pero en el marco de la política de consolidación y reconstrucción territorial (Decreto 6141 de 3 noviembre de 2011).

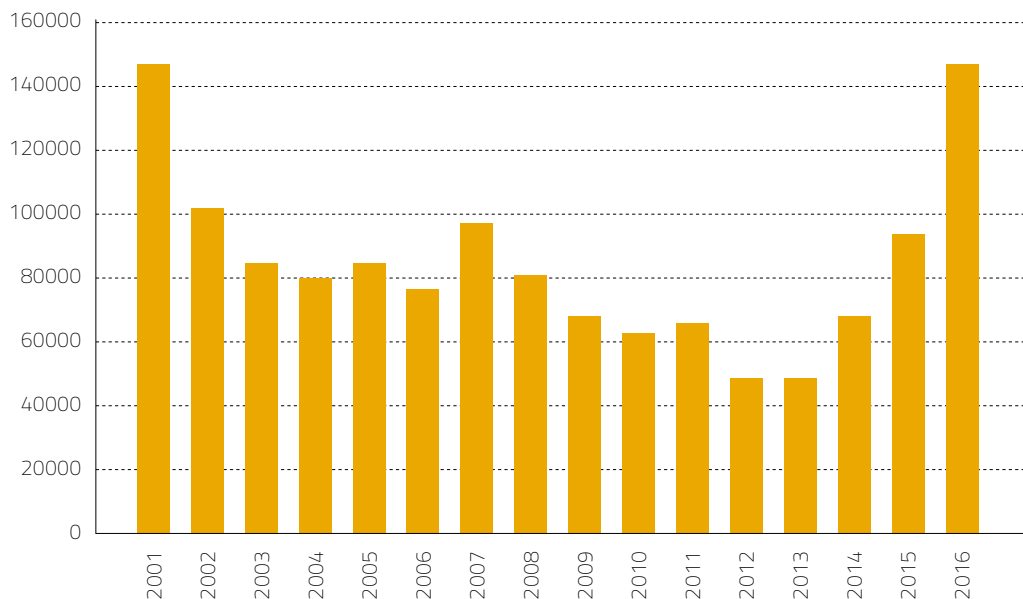
Este modelo tradicional de *Reforma Social* de los programas de los gobiernos para la lucha contra los cultivos ilícitos, se enmarca en el contexto de las estrategias mundiales de las Naciones Unidas diseñadas en las *Convenciones Internacionales sobre Estupefacientes* (Naciones Unidas, 1961, 1971, 1988) para un “Desarrollo Alternativo” (DA). El propósito de este “desarrollo alternativo” es promover opciones socioeconómicas lícitas y sostenibles para las comunidades que han recurrido al cultivo ilícito como medio de subsistencia.

Estos programas de desarrollo alternativo son una política rural que representa la opción no represiva contra dichos cultivos (Balcázar, 2008). En sus inicios, esta práctica fue promovida y ejecutada por la cooperación internacional, y se demarcó en la sustitución de cultivos. Estos programas han puesto especial énfasis en factores económicos, y en particular en la tierra, relegando las condiciones sociales y políticas a un segundo plano. Este énfasis ha dominado los enfoques que proponen la sustitución de cultivos ilícitos por lícitos y que basan la medición de impacto en función de las hectáreas establecidas y erradicada, y no responden al enfoque de la seguridad del territorio y la participación de los pobladores como actores fundamentales en el proceso, donde se corre el riesgo que algunos de estos recursos puedan terminar fortaleciendo a los grupos armados ilegales.

El último informe de la Oficina de la Naciones Unidas contra las Drogas y el Delito “UNODC” (junio de 2017), reporta un incremento del 52% en los territorios afectados por cultivos de coca al pasar de 96.000 hectáreas en 2015 a 146.000 hectáreas en 2016. Si bien se presenta un descenso entre el 2001 al 2013, la estrategia se ha estancado en los últimos tres años, y el área total de cultivos ilícitos se incrementa. Ver Figura 1.

Aunque los resultados de estos procesos de planificación sí han generado proyectos productivos orientados a la generación de ingresos, que han permitido la sustitución de los cultivos ilícitos y el tránsito hacia una economía legal, el problema aún persiste y los cultivos ilícitos aún no han desaparecido (Calvani, 2003). Además, a pesar de que a lo largo de este tiempo se han logrado avances innegables, entre estos, la desarticulación sucesiva de los grupos armados ilegales, las actividades delictivas continúan siendo una de las amenazas principales a la estabilidad y la seguridad de Colombia (Páez, 2012).

Figura 1.
Cultivos de coca en
Colombia (2001–2017).
Fuente: Informe de
las Naciones Unidas
contra las Drogas y el
Delito, 2017.



Los análisis realizados muestran una desproporción entre los inmensos esfuerzos hechos con los resultados conseguidos (Páez, 2012). Si bien se observa una reducción en el cultivo de coca, la producción de cocaína parece no haberse visto afectada (UNODC, 2012). Tampoco estos programas han conseguido la construcción de capital social, ni han generado confianza social de cara a la prosperidad y al desarrollo rural (Singer, 2008; USAID, 2009). Además, la encuesta de calidad de vida del DANE 2015, muestra que solo 2 de cada 5 pobladores campesinos tiene acceso a la tierra. Esta categoría no da cuenta si son propietarios, arrendatarios, poseedores u ocupante.

Únicamente el 41.6% de la población rural tiene acceso a la tierra. En este orden de ideas, es necesario asegurar su formalización a través de títulos y que a su vez sean acompañados de otros programas de crédito, inversión, asistencia técnica, inserción en circuitos productivos y proyectos de alto impacto como de electrificación rural, vías y saneamiento básico, entre otros.

3. Un nuevo enfoque para la prosperidad y el desarrollo rural en zonas de posconflicto

Como resultado de un proceso de investigación aplicada en el ámbito del desarrollo alternativo, en esta apartado

se muestra un nuevo enfoque para la planificación de los proyectos de desarrollo rural en zonas afectadas por los cultivos ilícitos. Este nuevo enfoque, como alternativa al modelo de planificación clásico para el DA, toma elementos del modelo *“Working with People”* (WWP), fruto de 25 años de experiencia desde el grupo GESPLAN, en proyectos orientados a mejorar la prosperidad de las zonas rurales en contextos europeos y en países emergentes (Cazorla et al, 2005, 2013; De los Ríos et al, 2011, 2013). Se trata de una propuesta conceptual que supera la visión técnica y económica de la prosperidad rural, poniendo énfasis en el comportamiento de las personas y en los contextos de las comunidades en donde viven y trabajan (Cazorla et al., 2013).

Siguiendo las nuevas tendencias y los nuevos valores, la prosperidad rural se ve mucho más que la simple acumulación de riqueza y se asocia con las capacidades de los individuos para mejorar la calidad de vida, desde un enfoque integral (Legatum Institute, 2014; Sardar, 2007; Rapp, 2008; SDC, 2009) centrado en la persona (Jackson, 2009; Robinson, 2012; Cazorla et al, 2013) y en el bienestar social (Kasser, 2009; Jennings, 2013). Esta nueva visión de la prosperidad rural demanda a los planificadores del desarrollo incorporar la noción de cuidado como una de las claves para una visión integrada (Cazorla et al., 2013). La contemplación y el respeto

a la naturaleza son también necesidades humanas y exigencias que se presentan como valores en sí mismos. Desde esta nueva visión el modelo WWP se presenta como una propuesta conceptual para abordar esta visión integrada de la prosperidad rural, incorporando elementos de la planificación como aprendizaje social que trata de valorar, por encima de todo, la construcción de confianza y la mejora de las conductas humanas de los agentes implicados. Desde la base de estos principios, el modelo integra los siguientes componentes.

Componente ético–normativo: recuperación de la confianza. Entre las acciones prioritarias se encuentran las que contribuyen, en forma significativa, a la construcción de confianza. Esta se realiza desde el “Trabajo con la gente” (WWP), buscando una nueva orientación para los proyectos rurales con énfasis en el desarrollo de las competencias (contextuales y de comportamiento) y exigiendo a los planificadores una sensibilidad social (Cazorla y De los Ríos, 2010), y estándares éticos que superen los aspectos meramente estructurales y técnicos. Entre los trabajos realizados para la construcción de confianza se destacan los relacionados con la mejora de la seguridad, las vías de comunicación, la infraestructura y servicios de interés social (educación, salud, recreación, etc.), además de proyectos de alto impacto como la contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto. A su vez, se consideran prioritarias las acciones para fortalecer las competencias y los valores de las Juntas de Acción Comunal¹ (JAC) y de las organizaciones locales de productores, como operadores para la reactivación de la economía local desde los proyectos productivos lícitos. Estas organizaciones de carácter local representan el tejido social desde donde se regenera la confianza y los valores en las comunidades, proporcionando nuevas oportunidades para el trabajo organizado y fiable.

Componente negociador (público–privado). Otro factor clave para la sostenibilidad de los proyectos en zonas de posconflicto es la sincronización de las acciones públicas y privadas en el territorio. Desde este componente, se buscan acercar a los sectores privado y público de los gobiernos municipales para crear un entorno propicio

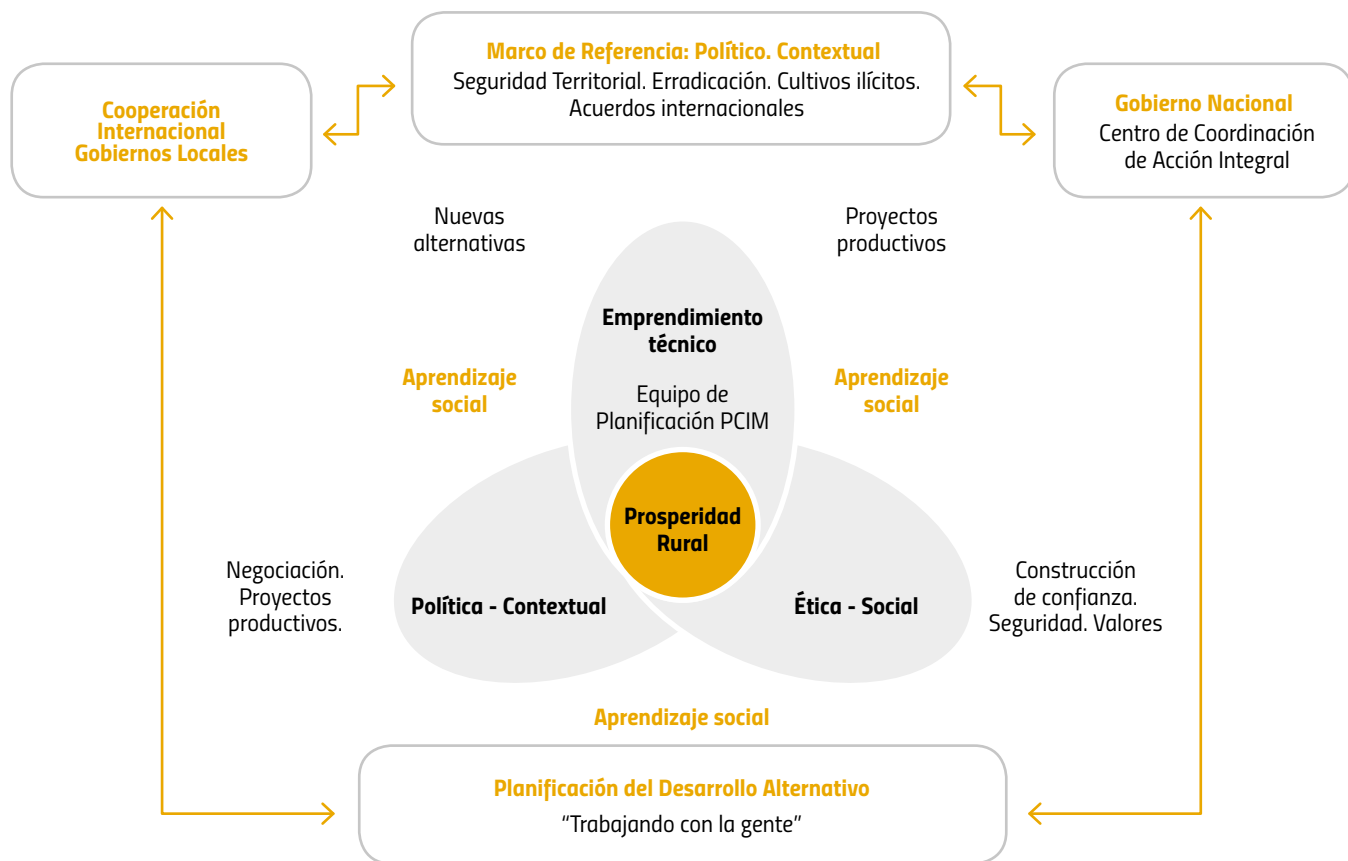
para la participación de organizaciones privadas en las zonas de posconflicto. Desde estas negociaciones se produce un enriquecimiento mutuo, desarrollando las capacidades para pensar y actuar de forma original e imaginativa (IPMA, 2010). Estas relaciones permiten explotar la creatividad, individual y colectiva de los planificadores, en beneficio de las personas y a favor del bien común (Cazorla y De los Ríos, 2010). En cada zona de posconflicto se tiene que formular una estrategia de negociación que se adapte a sus propias necesidades, teniendo en cuenta sus ventajas y recursos. Esta función conlleva a la concertación y a la negociación entre varios protagonistas, e implicará el compromiso para asumir y gestionar riesgos (Friedmann, 1993), desde una planificación transactiva y negociadora (Cazorla, 2015).

Componente político-contextual. Desde este componente se busca dotar al proceso y a los proyectos de elementos fundamentales para relacionarse con las organizaciones políticas y con las diferentes administraciones públicas de los distintos niveles. La selección de los municipios por parte del Gobierno nacional para desarrollar acciones de posconflicto se basa en consultas directas a las autoridades civiles, militares y policiales en el territorio. A su vez, mediante visitas de campo a los territorios objetivo, por parte de los planificadores, se corrobora el interés de los pobladores en participar en los procesos de desarrollo alternativo y la percepción de la seguridad.

Componente del aprendizaje social. Por último, se busca dotar al proceso de un componente integrador que garantice espacios de aprendizaje social entre los diferentes subsistemas, que lleven a aprender de los verdaderos protagonistas del cambio. Supone poner el énfasis en acercar el conocimiento y la práctica de la planificación a la acción misma (Friedmann, 1993). El proceso de aprendizaje social funciona con el supuesto central de que todo aprendizaje efectivo proviene de la experiencia de cambio de la realidad. Se trata de que la población afectada participe activamente en la planificación, implicando a la gente en la acción desde el inicio del proceso, para cambiar la realidad y generar nuevos valores que inspiren y dirijan desde el diálogo y el aprendizaje mutuo (Cazorla, et al 2013).

1. Las Juntas de Acción Comunal son organizaciones civiles que propenden por la participación ciudadana en el manejo de sus comunidades. Sirven como medio de interlocución con el Gobierno Nacional.

Figura 2. Modelo del nuevo enfoque de Planificación del Desarrollo Alternativo.
Fuente: elaboración autores.



4. Aplicación al caso Plan de Consolidación Integral de La Macarena (2009-2014)

El modelo se aplica en la región de La Macarena en la que, por efectos de la erradicación de cultivos ilegales, su población se encuentra en conflicto con el Estado, en riesgo de desplazamiento o de continuar con la producción de ilícitos. El caso presenta un nuevo enfoque de Planificación del Desarrollo Rural en regiones de posconflicto como propuesta para el diseño de una política de recuperación social del territorio y de la lucha contra los cultivos ilícitos, mediante la ejecución de proyectos de alto impacto como la electrificación rural para la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto.

La población objetivo la componen 2.503 familias en la Serranía de la Macarena, y abarca a los municipios de Vista Hermosa, Uribe, Mesetas, San Juan de Arama, Puerto Rico y La Macarena, en el departamento del Meta.

Siguiendo las bases conceptuales anteriores, el enfoque estratégico de la investigación consiste en la generación de confianza en el territorio, desde la neutralización de la capacidad de acción de los grupos armados ilegales y la coordinación de acciones para la recuperación de la seguridad (PCIM, 2010), además de la posibilidad de desarrollar proyectos de electrificación rural.

Para el desarrollo de estos proyectos de alto impacto, han ido convergiendo las diferentes acciones (operaciones

militares del Estado, transición y consolidación) de cara a la recuperación de la seguridad en el territorio. El proceso de los “Trabajos con la gente” es progresivo según el nivel de seguridad territorial. En las zonas de operaciones militares donde existe una alta incidencia de la amenaza insurgente o terrorista, se establecen principalmente acciones y esfuerzos para recuperar la seguridad para los pobladores, con servicios de protección ciudadana. A medida que se va estableciendo el control del área, por parte de la fuerza pública, las zonas se denominan de ‘Transición’, en donde es posible iniciar los trabajos con la gente. Progresivamente, se va haciendo efectiva la presencia de la institucionalidad pública y privada para iniciar proyectos de desarrollo social, económico, y de infraestructura, focalizados en las necesidades de la población. Por último, con la presencia permanente de la fuerza pública y las acciones de asistencia, las zonas se denominan de ‘Consolidación’ en donde se han establecido las condiciones de seguridad que posibilitan con mayor intensidad los trabajos con la gente, y que permiten las negociaciones público-privadas y

la generación de proyectos. En estas condiciones, se fortalece la confianza, las competencias y los valores desde las JAC y las organizaciones locales de productores.

5. La contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto

Este proceso de planificación para la implementación de las políticas de Desarrollo Alternativo, mediante la contribución de la energía, se desarrolló en cuatro fases buscando desde los primeros momentos la integración social y la participación de las familias de las zonas de erradicación de cultivos ilícitos e involucra el desarrollo de las directrices voluntarias de la gobernanza de la tierra como mecanismo de diálogo y negociación (Gómez. S. 2015). Desde los diferentes ámbitos del modelo WWP, se adaptan a la región y a los actores claves involucrados, con el fin de llegar a acuerdos en aquellas determinadas situaciones para la sustitución de los cultivos ilícitos.

Imagen 2. Construcción de nodos socio-productivos.

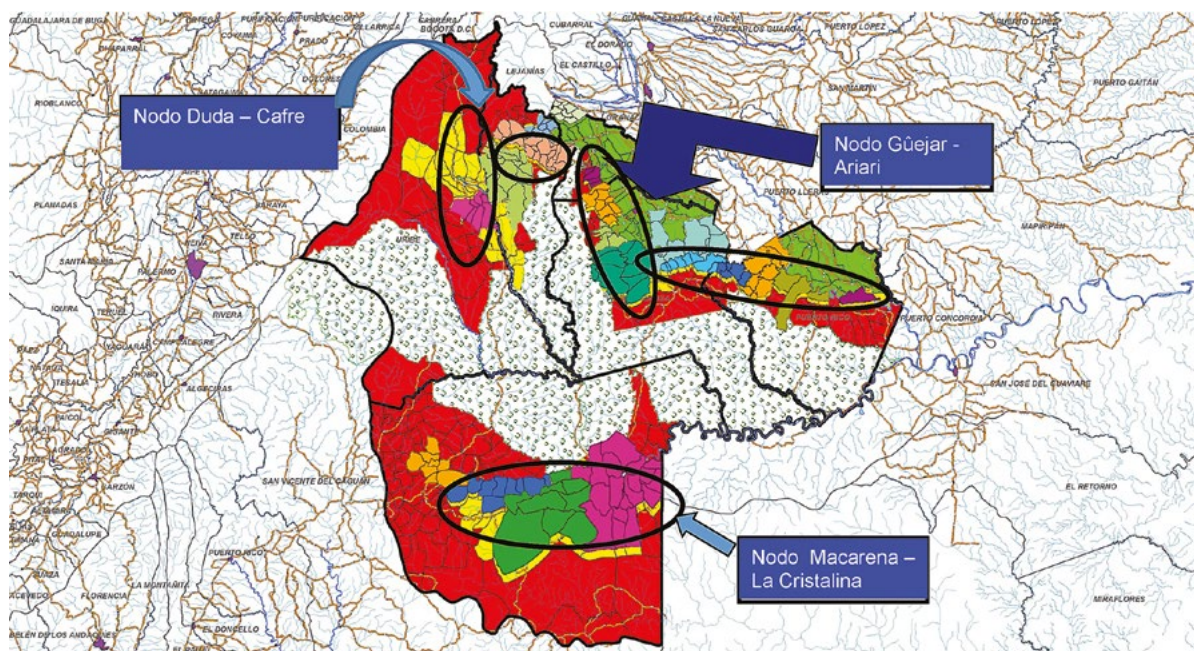


Figura 3. Fases de implementación del Plan de Transición.



a. Fase I: Delimitación Territorial

En una primera fase, se procedió a la delimitación territorial de la zona de erradicación de cultivos ilícitos identificando los núcleos veredales de común acuerdo junto con la población y las autoridades municipales y militares. Estos "Núcleos Veredales" comparten una cierta homogeneidad (por sus características socioeconómicas, políticas y ambientales), lo que permite un enfoque territorial en la implementación del modelo de desarrollo alternativo, facilitando el trabajo con la gente (Philo, 1993; De los Ríos et al, 2011a). Posteriormente, se procede a la construcción de la línea base, mediante una caracterización socioeconómica rápida del territorio. Para ello, se realizaron encuestas directas a los pobladores y se utilizaron informes oficiales del Sistema de Información de Cultivos Ilícitos de la UNODC y esquemas de ordenamiento territorial de cada municipio.

b. Fase II: Formulación del Plan de Transición

En una segunda fase se procede a la formulación del Plan de Transición, como instrumento para el Desarrollo Rural con enfoque territorial, tomando los elementos de las DVGT². En esta fase se continúa el "Trabajo con la gente" con los "Núcleos veredales", los gobiernos

municipales, nacionales y la cooperación internacional. El modelo de planificación basado en el aprendizaje social y la capacitación a nivel local (Cazorla et al, 2005; De los Ríos et al, 2011a) son la base de este proceso de construcción del Plan de Transición. Los puntos estratégicos de la iniciativa incluyeron aspectos de seguridad alimentaria para las familias, proyectos productivos, asistencia técnica y social, mejora de infraestructuras social y apoyo a jóvenes y mujeres. Además, la identificación de proyectos de alto impacto como el de electrificación rural para ser presentado a los tomadores de decisiones de política.

c. Fase III: Presentación, negociación y firma de proyectos de alto impacto de electrificación rural

En una tercera fase se procedió a la presentación, negociación y firma del Plan de Transición. Para ello, los representantes de los "Núcleos Veredales", líderes de la comunidad, junto con el equipo técnico, presentaron el Plan de Transición y sus proyectos a los pobladores y a los gobiernos municipales. En esta fase de negociación se busca, principalmente, la generación de asociaciones público-privadas para la implementación de los proyectos de desarrollo alternativo, comenzando, de esta manera, una nueva relación de cooperación basada

1. Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, los peces y los bosques, elaboradas por la FAO.

en la confianza mutua (Naoum, 2003). Estas alianzas han demostrado numerosos aspectos positivos, creando sinergias público-privadas (McQuaid, 2002), desarrollando competencias para la gestión de proyectos (Sastre and De los Ríos, 2002) y superando complejidades sociales (De los Ríos et al, 2013, 2014) en los procesos de desarrollo. Tras un proceso de negociación entre los distintos actores, esta fase concluyó con la firma del proyecto de electrificación rural para los municipios de San Juan de Arama, Mesetas, Uribe, Vista Hermosa y Puerto Lleras denominado "Anillo Eléctrico del Güejar e Interconexión San Vivente - San Juan de Lozada - La Macarena".

Proyecto de alto impacto de electrificación rural "Anillo Eléctrico del Güejar"

- **Construcción Anillo Eléctrico Güejar: Vista hermosa - Piñalito - La Cooperativa-Puerto Toledo-Villa la Paz-Puerto Lleras.**
- **Estudios y diseños: \$ 300 millones.**
- **Valor de la obra: \$ 16.000 millones.**
- **Construcción subestación Puerto Rico y construcción subestación San Juan de Arama 115 KV.**
- **Estudios y diseños: \$600 millones.**
- **Valor de la obra: \$ 25.000 millones.**

Imagen 3. Proyecto Energético Anillo Eléctrico del Güejar.



Interconexión San Vicente - San Juan de Lozada - La Macarena

- Elaboración de los estudios técnicos, diseño y presupuesto del proyecto de interconexión eléctrica: Inspección Las Delicias – La Macarena, subestación asociada, diagnóstico del aprovechamiento forestal y formulación del proyecto.
- Estudios y diseños: \$ 320 millones.
- Valor de la obra I fase: \$ 15.000 millones.

d. Fase IV: implementación, seguimiento y evaluación de los Planes de Transición

En una última fase se procede a la implementación, seguimiento y evaluación de los Planes de Transición. Durante esta fase, la labor del equipo de Gobierno se limita a un asesoramiento técnico a los promotores, desvinculándose de la toma de decisiones para conseguir una auténtica apropiación de los proyectos por parte de los pobladores y de las familias.

De acuerdo con Betty Páez, líder comunitaria, “se han concertado los proyectos y se han realizado según hemos acordado todos nosotros al inicio del Plan”. Al igual que ha ocurrido en numerosas experiencias y modelos de desarrollo (Cernea, 1991; Bond and Hulme, 1999), este enfoque ascendente es un elemento clave para involucrar a los agentes locales, asegurar su protagonismo y garantizar el éxito de los proyectos. También evita una dependencia del Gobierno, facilitando a las familias y a la población rural que sean protagonistas de las decisiones (Stratta et al, 2017).

6. Resultados de la contribución de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto

En este apartado se resumen los resultados de las acciones emprendidas tras la implementación de los proyectos de electrificación rural en la región de La Macarena como contribución a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto. Los resultados, derivados de los procesos de aprendizaje generados desde la aplicación de la metodología expuesta, se presentan de manera lógica desde el componente técnico – empresarial.

- Los proyectos de electrificación rural han generado una estrategia de cambio que está influyendo en las distintas dimensiones de la prosperidad rural. Además de entrar en el marco de la legalidad, los proyectos están incrementando los ingresos mensuales de las familias en un 101% (de un salario de \$789.000 COP a más de \$1.600.000 COP). Además, se han generado nuevas oportunidades de empleo legal para los agricultores y la población rural, confirmando que la producción de ilícitos beneficia a los grandes intermediarios de la cadena más que a los pequeños productores.
- Es importante destacar los proyectos productivos en el sector lechero con 2.000 familias vinculadas, de las cuales el 95% (1.893 familias) están involucradas y reciben asistencia técnica individual y grupal, mediante servicios a la producción, comercialización y financiación, liderada por las organizaciones de productores. Adicionalmente, este modelo de alianza público-privada fue reconocido con el Premio Nacional de Paz 2015.
- El modelo de electrificación rural adoptado en La Macarena es una forma experimental de abordar el desarrollo alternativo en Colombia, basado en un enfoque territorial y en la creación de confianza y el refuerzo de estructuras de gobierno participativas.
- El modelo WWP para la sustitución de cultivos ilícitos en zonas de posconflicto supera los enfoques tradicionales de desarrollo alternativo, que no han conseguido confianza institucional ni han generado prosperidad. En este trabajo se validan los fundamentos de un modelo de desarrollo alternativo en Colombia que valora, por encima de todo, la construcción de confianza y la mejora de las conductas humanas de los agentes implicados. Desde la base de estos principios, el modelo de planificación para el desarrollo alternativo impone una lógica de inclusión e integración territorial, basado en un componente político, estableciendo alianzas entre el Estado y las comunidades para construir conjuntamente “institucionalidad” y empoderamiento de la sociedad civil en la región.



Imagen 4. Nodo productivo -Anillo del Güejar-San Juan-Vista Hermosa-Puerto Rico.

- Esta “institucionalidad” se entiende no solo como la presencia de entidades en el territorio, sino como el establecimiento de prácticas y normas que regulen la vida pública y que permitan formular proyectos, no solo de electrificación rural, sino además un conjunto de iniciativas orientadas a mejorar la prosperidad de las zonas rurales afectadas por el conflicto y los cultivos ilícitos.

La sostenibilidad del modelo WWP requiere mantener esta confianza para seguir avanzando hacia la “institucionalidad”, el empoderamiento de la sociedad civil y la erradicación total de los cultivos ilícitos. De acuerdo con el reporte de UNODC 2017, en la región de La Macarena aún hay 5.464 hectáreas de cultivos ilícitos (coca) que representan un atractivo para los grupos armados ilegales, en especial para las FARC, pues estos grupos armados aún siguen teniendo presencia en la región y controlan ciertas áreas del territorio, limitando la participación de la población y de sus organizaciones sociales en los procesos de construcción de prosperidad rural. A pesar de los avances observados con el nuevo modelo, la débil presencia del Estado en estas zonas dificulta la

integración de la región en la economía nacional, así como en el acceso a bienes y servicios públicos.

7. Conclusiones.

Las contribuciones de la energía a la consolidación del desarrollo económico en territorios en posconflicto han generado desarrollo económico y han facilitado, de una manera acertada y oportuna, la conformación de asociaciones (organizaciones de productores) fuertes en los territorios.

Las iniciativas sobre alternativas productivas para la sustitución de cultivos ilícitos son ahora fuente de ingresos para las familias y están generando oportunidades de empleo a los agricultores y la población rural. En este proceso, los recursos públicos del Gobierno y la cooperación internacional, en especial la de USAID, han sido necesarios para la cofinanciación de las inversiones. En la actualidad, los proyectos de alto impacto de electrificación rural han permitido generar una estrategia de cambio que está influyendo en las distintas dimensiones de la prosperidad rural. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armenteras, D., Rudas, G., Rodríguez, N., Sua, S. & Romero, M., (2006). Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators* 6, 353 – 368.
- Asamblea General de Naciones Unidas (2005) Resolución aprobada por la Asamblea General, Documento Final de la Cumbre Mundial 2005, A/RES/60/1 (2005). Nueva York.
- Ávila Ceron, C.A, De los Ríos-Carmenado, I. and Martin S., 2016. Effects of Alternative Development in Colombia: an analysis of the Macarena Consolidation Plan from Working with People. In: L. Chivu, C. Ciutacu, V. Ioan-Franc and J. Andrei, *Economic Dynamics and Sustainable Development – Resources, Factors, Structures and Policies*. Vol. I, pp. 171-198. New York: Peter Lang Publishing.
- Ávila Cerón, CA, De los Ríos-Carmenado, I., Rivera, M. & Martin S. 2016. Rural development planning in Colombia's conflict zones: a proposal from the WWP model. *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development 2015*.
- Ávila Cerón, CA. and De los Ríos-Carmenado, I., 2017. Alternative Development in Rural Communities Affected by the Illegal Economy: The Case of La Macarena (Colombia). In: I. Nicolae, I. De los Ríos & A.J. Vasile. *Rural Communities in the Global Economy: Beyond The Classical Rural Economy Paradigms* (1st ed., pp. 23-38). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Balcázar Á. (2008). Plan de Consolidación Integral de la Macarena, Proyecto de Apoyo de la Embajada del Reino de los Países Bajos. Bogotá: CCAI – Acción Social
- Cárdenas, M., (2001). Economic Growth in Colombia: A reversal of 'Fortune'? .CID Working Paper No 83.
- Cazorla, A. De los Ríos, I. Salvo, M. (2013) Working With People (WWP) in Rural Development Projects: a Proposal from Social Learning. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 10 (70): 131-157
- Cazorla, A., De los Ríos, I. (2001). The new social sensitivity engineering of rural development. *AGENG international Conference of Agricultural Engineering*, 165-182.
- Cazorla, A., De los Ríos, I. & Díaz-Puente, J. (2005). The Leader community initiative as rural development model: application in the capital region of Spain. *Agrociencia*, 39 (6), 697-708.
- De los Ríos, I; Díaz-Puente, J. & Cadena-Iñiguez, J. (2011). The initiative LEADER as a model for rural development: implementation to some territories of México. *Agrociencia*, 45 (5): 609-624.
- De los Ríos, I., Turek, A., Afonso, A. (2013). Project Management Competencies for Regional Development in Romania: Analysis from "Working With People " Model. *Procedia Economics and Finance*, 614-621.
- Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth. Economics for a Finit Planet*. Abingdon: Earthscan.
- Kasser, T. (2009). Psychological Need Satisfaction, Personal Well-Being, and Ecological Sustainability. *Ecopsychology*, 175-180.
- Legatum Institute. (2014). *Legatum prosperity index*. Legatum Institute Foundation. London: Legatum Institute Foundation.
- Páez, C. 2012. Cuatro décadas de Guerra contra las drogas ilícitas: un balance costo – beneficio. Centro de Pensamiento Estratégico-Ministerio de Relaciones Exteriores. Colombia.
- Plan de Consolidación Integral de la Macarena PCIM (2010). Programa de Apoyo de la Embajada del Reino de los Países Bajos. Bogotá: Acción Social – CCAI.
- Rapp, H. (2008). Fulfilment and prosperity: a new- Gandhian vision. Fourth opinion piece for the Redefining Prosperity seminar "Visions of Prosperity." London: Sustainable Development Commission.
- Ritter, A. (2009). Policy Analysis: Illicit drugs policy through the lens of regulation. Australia.
- Robinson J., *Why Nations Fail: The origin of power, Prosperity and Poverty*, profile books, Londn 2012, pp 529. *European Journal of Political Economy*, 252-258.
- Sardar, Z. (2007). Prosperity: A transmodern analysis. Think-piece for the SDC seminar 'Visions of Prosperity', November 2007. London: Sustainable Development Commission.
- SDC (2009). Prosperity without Growth? The transition to a sustainable economy. London: Sustainable Development Commission.
- Singer, M. (2008). Drugs and development: The global impact of drug use and trafficking on social and economic development. *Hispanic Health Council*, Hartford, USA.
- United States Department of State, Bureau for International Narcotics and Law Enforcement Affairs. (2012). *International Narcotics Control Strategy Report Volume I: Drug and Chemical Control*. Washington, D.C.
- UNODC. (2018). *Informe Mundial Sobre las Drogas 2018. Resumen Ejecutivo*. New York.
- USAID (2009) *Assessment of the Implementation of the United States Government's Support for Plan Colombia's Illicit Crops Reduction Components*.
- Wall, D. (2008). Prosperity without growth, economics after capitalism. The first opinion piece for the Redefining Prosperity, third seminar "Confronting Structure – achieving economic sustainability". London: Sustainable Development Commission



TECNOLOGÍAS PARA LA ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE

Technologies for Sustainable Rural Energization

Álvaro Enrique Pinilla Sepulveda

Profesor titular del Departamento de Ingeniería Mecánica.
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Contacto: apinilla@uniandes.edu.co

Los sistemas para el acceso confiable en el suministro de energía en zonas rurales o en la periferia de centros urbanos están basados en energías renovables, bien sea como sistemas autónomos y fuera de la red de suministro de energía eléctrica, como también en mini y microrredes que suministran y distribuyen energía de manera independiente del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Estos sistemas suplen las necesidades energéticas para un amplio rango de servicios, como son: iluminación, educación, salud, comunicaciones, operación de electrodomésticos, sistemas de cocción de alimentos y sistemas de suministro de agua potable que, dependiendo del tamaño de las soluciones, permiten el desarrollo de actividades agroindustriales.

La oferta comercial de soluciones de suministro de energía están basadas en el sol, viento, agua y biomasa, entre otras, las cuales van desde iluminación con una linterna solar hasta algunos cientos de kilovatios para el desarrollo de actividades agroindustriales. Las soluciones basadas en fuentes renovables, en casi todos los casos, son inagotables en el corto plazo, tienen un bajo impacto sobre los recursos naturales, son accesibles y bien distribuidas, presentan muy bajo nivel de emisiones contaminantes, son escalables (al crecer la demanda se adicionan más sistemas), robustas (simples, confiables, durables, fáciles de operar) y razonablemente baratas.

Por supuesto, las soluciones implementadas deben ser sostenibles en el largo plazo, siendo este el punto más

crítico en centenares de alternativas de suministro de energía rural alrededor del mundo.

El panel 'Tecnologías para la energización rural sostenible', realizado en el marco del Foro de la *Revista de Ingeniería 'Energía para un nuevo país rural'*, reunió actores importantes, de diversos sectores, en la implementación de soluciones de suministro de energía en las zonas rurales. El conversatorio contó con la participación del profesor Thomas R. Preston, Ph.D., quien tiene una larga trayectoria en investigación y desarrollo integral de sistemas agrícolas, y la producción de alimentos y suministro de energía con el uso de sistemas de biodigestión y gasificación a partir de la biomasa. Su trabajo se ha realizado a través de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) con sede en la ciudad de Cali.

Participó la profesora Patricia García, líder de la ranchería Kasumana y rectora del Centro Etnoeducativo Rural Indígena del mismo nombre, ubicado en la Alta Guajira, y quien como usuaria de los sistemas solares fotovoltaicos para bombeo de agua y electrificación de salas de informática para su escuela, resaltó los beneficios de esta solución, previendo la extensión del uso de esta tecnología para otras comunidades de la Media y Alta Guajira.

Otro interesante aporte, tanto para el Foro como para esta edición de la revista, es el artículo 'Retos y evidencias de sostenibilidad de procesos de energización para un nuevo país rural', de los autores Jesús Gómez, director

ejecutivo de APROTEC, y José Eddy Torres, exdirector del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP), que describe desde la óptica de desarrolladores técnicos, la experiencia y la metodología general en el diseño e implementación de proyectos de energización en Zonas No Interconectadas (ZNI) del país, para garantizar el éxito de este tipo de soluciones.

Durante el panel, se presentó también el trabajo realizado entre la compañía APROTEC y el CCEP con más de 100 comunidades aisladas con la interesante metodología de cogestión participativa comunitaria buscando asegurar la sostenibilidad tecnológica, ambiental, social y económica de cada proyecto realizado entre las poblaciones y con la colaboración de entidades públicas, privadas y organizaciones cívicas.

Los asistentes al panel pudieron conocer, a través de los testimonios de sus propios pobladores, la metodología utilizada en el proyecto de la microcentral hidroeléctrica desarrollado en la comunidad indígena El Yucal, en Chocó.

Desde la óptica académica, Nicanor Quijano, profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes, y otros autores del artículo 'Microrredes aisladas en La Guajira: diseño e implementación', describen el desarrollo de una microrred aislada para el manejo de una solución energética híbrida (solar – eólica, más almacenamiento de energía) en una comunidad indígena en La Guajira.

Vale la pena resaltar la metodología utilizada en este caso, que involucró a la comunidad wayúu, en las etapas iniciales, a través de talleres e identificación de problemas. Un trabajo posterior consiste en el análisis de las necesidades energéticas y operativas y en la determinación del patrón de consumo de energía y la dimensión de las soluciones.

El desarrollo de la microrred utiliza tecnologías modernas de control y comunicaciones, en las cuales se realiza un monitoreo permanente del uso y consumo de energía partiendo de la base de un consumo racional del recurso. Se implementó un sistema eólico de 1 kW, paneles solares de 5.7 kWpico, un banco de baterías de 20.4 kWh y el uso de inversores y cargadores para el acondicionamiento de la entrega de energía. Un siguiente paso en este desarrollo será el uso de comunicación vía internet para el monitoreo remoto de esta solución. Con esto se espera que esta iniciativa puede tener un efecto demostrativo



Álvaro Enrique Pinilla Sepulveda, profesor titular del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes.
Foto: Universidad de los Andes.

y se extienda a comunidades cercanas. Este trabajo se realizó en un marco de cooperación entre la Universidad de los Andes, ISAGEN y las empresas para suministro de equipos comerciales: Senergysol y SunColombia.

Carlos Campo y Yeimy Rivera, ambos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial del departamento del Cesar, aportan el artículo 'Departamento del Cesar: oportunidades para sistemas productivos sostenibles a partir de energías alternativas'. En este escrito se describe cómo, a través de los planes de desarrollo departamental, se está impulsando la integración de la energía rural para el desarrollo agropecuario y cómo, por medio del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS), se promueve el desarrollo rural del departamento, y se materializa, a través de la implementación de sistema solares fotovoltaicos y el suministro de energía para 107 escuelas rurales aisladas que beneficiaran a cerca de 3.500 estudiantes.

A partir de estas iniciativas, se espera un mayor impulso a la formulación y ejecución de proyectos que viabilicen el uso de las energías renovables en el Cesar. ●

Vea aquí el panel 'Tecnologías para la energización rural sostenible', realizado durante el Foro 'Energía para un nuevo país rural!'



DEPARTAMENTO DEL CESAR: OPORTUNIDADES PARA SISTEMAS PRODUCTIVOS SOSTENIBLES A PARTIR DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Department of Cesar: opportunities for sustainable productive systems using alternative energy sources

Carlos Eduardo Campo Cuello¹ y Yeimy Lucero Rivera Delgado²

1. Secretario de Agricultura y Desarrollo Empresarial del departamento del Cesar, Valledupar, Colombia.

Contacto: agricultura@cesar.gov.co

2. Líder de Gestión Territorial de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial del Departamento del Cesar, Valledupar, Colombia.

Contacto: luceroriveradelgado@gmail.com

Resumen

El presente artículo brinda una breve panorámica geográfica, económica y política del Cesar, así como una exposición de la vocación agropecuaria del departamento y la formulación de los diferentes planes locales estructurados desde la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial del departamento del Cesar durante el periodo 2016-2019, los cuales cuentan con una prospectiva a 20 años. Así mismo, presentamos el panorama actual de las energías alternativas en el Cesar y las estrategias de articulación de estas iniciativas con los sistemas agropecuarios sostenibles que impulsen ventajas competitivas para nuestro territorio, alineados a proyectos con potencial hídrico y solar que posicionan al Cesar como un departamento con oportunidades de desarrollo rural hacia la consolidación de una bioeconomía.

Palabras clave: desarrollo sostenible, energías alternativas, departamento del Cesar, desarrollo rural, bioeconomía.

Abstract

This article provides a brief geographic, economic and political overview of the department of Cesar, as well as a presentation of the agricultural vocation and the formulation of different department plans structured by the Secretariat of Agriculture and Business Development, during the period of government between 2016-2019, with a 20-year perspective. On the other hand, we present the current landscape of alternative energy sources in Cesar and the strategies linking these to sustainable agricultural systems to create competitive advantages for our territory, aligned to projects with solar and water potential, which position Cesar as a state with opportunities for rural development towards the consolidation of a bioeconomy.

Key words: sustainable development, alternative energies, department of Cesar, rural development, bioeconomy.

Introducción

El Cesar es uno de los 32 departamentos de Colombia y está situado en la parte nororiental del país, en la llanura del Caribe. Tiene una superficie de 22.925 km², que representan el 2% del territorio nacional y 1,053,123 habitantes que son el 2,3% de la población total del país. El departamento se encuentra constituido por paisajes geográficos muy definidos, como la Sierra Nevada de Santa Marta, al norte; la Serranía del Perijá, al oriente; el Valle del río Magdalena, al occidente y el complejo cenagoso de Zapatosa. El departamento se creó a través de la Ley 25 de 1967 y debe su nombre al río Cesar, que era conocido por los indígenas con el nombre de Pompatao, que significa “señor de todos los ríos” [1].

Luego de 51 años de existencia como departamento es claro que el Cesar tiene una historia sociocultural, ambiental y económica por contar, marcada por periodos de auge agrícola, como lo fue el cultivo de algodón en la década de los años 70 y el establecimiento de cultivos como la palma, mango, café y cacao, entre otros. Todas las dinámicas del Cesar enmarcadas en los ejes del desarrollo sostenible han sido potencialmente influenciadas por la vocación agropecuaria del territorio y en los últimos años principalmente por la actividad minera, que representa el 35% del PIB del departamento.

Así, a lo largo de los años, el proceso de planificación territorial, si bien buscaba lograr el desarrollo de la región

respondiendo a acciones coordinadas de diferentes instituciones que actuaban en el territorio, reflejaba, en la realidad rural, un panorama desalentador y un declive del sector agropecuario, que respondía a problemas sistémicos como: la caída de los precios y la rentabilidad de los cultivos, conflictos de uso del suelo, fenómenos de sequía y/o mucha lluvia y la presencia de grupos armados al margen de la ley.

Es por esto que desde el año 2016, cuando inició el nuevo periodo de gobierno y se asumió el reto de dirigir el desarrollo rural del departamento del Cesar desde la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial, se tuvo claro que el ejercicio de planificación regional debía quedar plasmado en el plan de gobierno departamental, planteando diversos caminos para las diferentes problemáticas halladas en la ruralidad cesareña y que trascendiera en los cuatro periodos siguientes de gobierno con una visión de 20 años.

Es claro que no existe una única solución dentro de las políticas públicas que apunte a las fallas sistémicas y cierre de brechas de nuestro territorio. Sin embargo, desde el plan de desarrollo: “El Camino del desarrollo y la paz 2016 – 2019”, se consignaron las principales apuestas productivas y económicas de las organizaciones departamentales, articuladas para aunar esfuerzos en el desarrollo de metas en tres ejes fundamentales: recurso hídrico, ordenamiento productivo y rural; y energización rural sostenible.



El departamento del Cesar ha registrado períodos de auge agrícola, como lo fue el cultivo de algodón en la década de los años 70 y el establecimiento de cultivos como palma, mango, café y cacao, entre otros.

Parque solar El Paso, el más grande de Colombia. Tiene una capacidad instalada de 86,2 MW.



Actualmente, siendo este año el último del periodo de gobierno, se ve reflejada esta realidad de apuestas para el departamento en una herramienta práctica y de libre acceso para toda la población, la cual fue consolidada en conjunto con la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA, a través del sistema de información www.sipra.upra.gov.co, donde es posible acceder a la información técnica agropecuaria del departamento que fue generada por los planes departamentales.

Esto permitió realizar la formulación de tres planes que alimentan el Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial –PIDAR, el cual fue aprobado por la ordenanza N° 183 del 2018 y cuenta con una visión al año 2038, donde no se podía desconocer la vocación agropecuaria, así como el crecimiento de la actividad minera, esta última con una limitación en el tiempo de las concesiones mineras. Esto nos llevó a repensar el desarrollo económico local y la transición de explotación de recursos y uso de energías alternativas para el desarrollo y crecimiento rural hacia un modelo de bioeconomía para un futuro más sostenible, donde, además, se logren reducir los impactos ambientales negativos, al mismo tiempo que se aumenten las contribuciones al capital natural y al flujo de servicios

ambientales[2]. Ello permitiría evitar fenómenos como la ‘enfermedad holandesa’ en donde, para el caso de nuestro país, la entrada masiva de inversión extranjera directa está relacionada con el desarrollo del sector minero y genera un crecimiento económico dependiente, principalmente, de la explotación del recurso mineral, el cual es finito. Por esto se quiere propender hacia un sector más sostenible y estable económicamente.

Estas realidades socioecosistémicas suponen un gran desafío para las políticas públicas nacionales que impulsen las innovaciones del sector energético, pero que en nuestro territorio empiezan a ser una realidad con la puesta en marcha de proyectos energéticos alternativos, tales como el parque solar de El Paso, construido por el Grupo Enel y compuesto por 250.000 paneles, actualmente, el más grande en Colombia, con una capacidad instalada de 86,2 MW, que podrá generar alrededor de 176 GWh por año, para abastecer a 102.000 hogares.

También es de destacar la formulación de proyectos productivos sostenibles que puedan ser apalancados con instrumentos de fomento financiero como el Incentivo a la Capitalización Rural, ICR, con líneas



especiales para la implementación de sistemas de riego, en los cuales las energías alternativas juegan un papel crucial para el funcionamiento de sistemas de bombeo, alimentados con energía solar fotovoltaica que puedan asegurar la sostenibilidad de la infraestructura para el desarrollo rural.

Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial -PIDAR

El Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial, PIDAR, del departamento del Cesar fue aprobado por ordenanza N° 183 del 30 de diciembre de 2018 y constituye un instrumento de planificación para el desarrollo agropecuario y rural del territorio. Por medio de este documento, y como producto del trabajo consensuado con los actores en el territorio, se determinaron los objetivos, metas, prioridades y estrategias del departamento y sus subregiones para los próximos 20 años. En un trabajo conjunto entre la Agencia de Desarrollo Rural –ADR, la FAO y el departamento del Cesar, como Unidad del Plan, se coordinó la formulación del PIDAR del Cesar, el cual busca orientar y coordinar los esfuerzos institucionales

dirigidos a promover las transformaciones sociales, productivas, económicas y ambientales requeridas para alcanzar el desarrollo agropecuario y rural deseado por los actores territoriales.

Este Plan permite la concertación, construcción e implementación de proyectos integrales de desarrollo acordes a las necesidades de la población del sector agropecuario y rural, teniendo en cuenta el enfoque productivo, complementado con un enfoque social y ambiental. Por esta razón, es necesario el acompañamiento permanente de la institucionalidad en la región y el trabajo articulado, pues solo en este sentido será posible construir verdaderos procesos de desarrollo para el departamento. Así mismo, se crea bajo el concepto de ‘construir sobre lo construido’ en un ejercicio de prospectiva a 20 años, en los cuales se tuvo en cuenta el Plan Departamental de Irrigación, el Plan de Ordenamiento Productivo y Social de la Propiedad Rural –POPSPR y el Plan de Energización Rural Sostenible.

Estos planes contaron con el acompañamiento técnico de entidades como el Programa de Tierras y Desarrollo Rural de USAID; la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA; la Unidad de Planeación Minero

Energética –UPME y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas –IPSE. Así, dentro del eje estratégico *Competitividad del sector agropecuario* del PIDAR quedaron inmersos los tres planes departamentales que buscan impulsar el desarrollo rural [3].

Plan de Energización Rural Sostenible del Cesar

Una de las oportunidades del departamento, dada su posición geográfica, es el brillo solar y el auge de los sistemas productivos sostenibles. La irradiación solar promedio diaria en el Cesar se encuentra entre 4,5 y los 5,5 kilovatios hora metro cuadrado útil año (kWh/m²), superior al promedio nacional (4,5kWh/m²). 2.198 horas de brillo solar promedio al año iluminan al departamento [1], con la posibilidad de desarrollar proyectos de energía alternativa, siendo una opción para generar energía limpia, disminuir la contaminación, enfrentar los fenómenos climáticos y reducir costos para el consumidor.

El concepto de energización rural es entendido como el proceso continuo y ordenado de uso del espectro total de portadores energéticos para atender los requerimientos de las actividades domésticas, de transporte, de servicios y productivas, que contribuyan a mejorar las condiciones de vida y la calidad y cantidad de los productos generados en el medio rural, de manera tecnológica, económica, ambiental y socialmente sostenible. Se enfatiza que la sostenibilidad es un concepto multidimensional y que lo que se persigue no es diversificar e intensificar el uso de energía de cualquier naturaleza a cualquier costo en el medio rural; se trata más bien de emplear las soluciones energéticas más sólidas y viables desde el punto de vista de por lo menos las cuatro dimensiones mencionadas [4].

Con la expedición de la Ley 1715 de 2014 de Energías Renovables, referente a la regulación de la integración de las energías renovables en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), se hace referencia a los mecanismos e incentivos para el impulso de las Fuentes No Convencionales de Energía –FNCE, lo que favorecerá su desarrollo en el país. Esto, aunado a los múltiples beneficios que aportan estas fuentes, tales como la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI, el aprovechamiento de los recursos renovables autóctonos, la generación

de empleo, el desarrollo científico y tecnológico, la progresiva reducción de la dependencia de fuentes fósiles y la maximización del desarrollo sostenible hace que se visualice un desarrollo económico importante para Colombia [5]. Así mismo, se abrió una oportunidad en relación con los Planes de Energización Rural Sostenible, PERS, al señalar en el parágrafo del artículo 34 *“se dará prioridad a los proyectos que estén incorporados dentro de los Planes de Energización Rural Sostenible (su sigla PERS) a nivel Departamental y/o regional a fin de incentivar la metodología elaborada para este fin”*, por lo que es de gran conveniencia aprovechar esta coyuntura y promover los procesos de formulación de proyectos en el marco de los PERS y el uso de energías alternativas para promover el desarrollo rural del departamento.

El plan de desarrollo del departamento entre sus metas establece: *“formular e implementar el Plan de Energías Alternativas”* dentro de las estrategias de productividad, competitividad e infraestructura, esto debido a la deficiente competitividad energética para el desarrollo rural y empresarial y a la debilidad institucional en el componente de ciencia, tecnología e innovación para implementar proyectos de energía alternativas. Estos factores han sido poco explorados y determinan los altos costos energéticos en las áreas rurales. Si entendemos por *energías alternativas* todas aquellas energías de origen no fósil que podrían implementarse en sistemas productivos, estas representarían la mejor alternativa para un desarrollo sostenible.

La energía solar, y su potencial de horas de brillo para el departamento, surge como una de las principales alternativas. Además de ser fuente de aprovechamiento natural, brinda también la oportunidad de obtener rentabilidad ya que es posible, por ejemplo, utilizarla en proyectos para el sector agropecuario; entre estos, los sistemas de riego que usan energía generada por paneles fotovoltaicos.

Por esto, en convenio con la UPME y el IPSE, el departamento aunó esfuerzos para la formulación del Plan de Energización Rural Sostenible del Cesar, que posee una visión y unos lineamientos de política para los próximos 15 años y que, como se mencionó anteriormente, está inmerso en el PIDAR. Por lo tanto, uno de los objetivos del Plan fue formular 10 proyectos de energías alternativas en zonas rurales que apuntaran hacia sistemas productivos sostenibles, teniendo en cuenta la vocación agropecuaria del departamento

(Tabla 1). Para la formulación de estos proyectos se realizó previamente un análisis de la demanda y la oferta energética de las zonas rurales de las diferentes ecorregiones del departamento.

Estos proyectos se plantearon desde la necesidad-problema que manifiestan los pobladores de las zonas rurales, que expresan su descontento por el mal servicio que presta el actual operador de energía eléctrica en la Región Caribe, sumado al alto costo de la utilización

de energía convencional para el uso en actividades agropecuarias y cuya población presenta necesidades básicas insatisfechas altas: baja capacidad de generación de ingreso, uso restringido o ausencia de otros servicios públicos y bajos niveles de educación, entre otras.

Los Planes de Energización Rural Sostenible son una alternativa que convierte la problemática, pasando de un concepto de *Electrificación a Energización*.

Tabla 1. Proyectos de energías alternativas formulados en el Plan de Energización Rural Sostenible del Cesar.

PROYECTO	ETAPA*	ECOREGIÓN
Implementación de un sistema de energía solar para la disminución de los costos de la energía eléctrica para las actividades de riego en las parcelas productivas en el corregimiento de Guacochoito-Valledupar.	F	Valle del Cesar
Fortalecimiento a las actividades piscícolas mediante el mejoramiento de la calidad del agua y la visibilidad en las horas nocturnas con sistemas de energización alternativas en el municipio de Chimichagua.	F	Ciénaga La Zapatosa
Energización para el fortalecimiento de los trapiches paneleros en zona rural del municipio de González.	F	Serranía del Perijá
Implementación de energías alternativas en los ambientes de aprendizajes de instituciones educativas rurales del departamento del Cesar.	P	Valle del Magdalena; Serranía del Perijá
Mejoramiento de la productividad de los colegios agropecuarios en el departamento del Cesar.	P	Sierra Nevada; Valle del Magdalena
Implementación de sistemas de bombeo fotovoltaico para pequeños palmicultores de los municipios de Becerril, La Jagua de Ibirico, El Paso y Agustín Codazzi.	P	Valle del Cesar
Implementación de la unidad de energías renovables del departamento del Cesar.	P	Valle del Cesar
Implementación de una microcentral hidroeléctrica para el funcionamiento de infraestructura de servicios comunitarios y mejoramiento para la conservación de los productos cosechados en las veredas La Montaña y La Estrella en el corregimiento de Azúcar Buena en el municipio de Valledupar.	P	Valle del Cesar
Energización para el fortalecimiento del beneficio del cultivo de café en la zona alta del municipio de El Copey.	P	Sierra Nevada
Implementación de sistemas fotovoltaicos aislados para la energización de la vereda El Cielo en el municipio de Valledupar.	P	Sierra Nevada

*Etapas: F: Factibilidad; P: Prefactibilidad

Estas iniciativas fueron priorizadas de un banco de proyectos que se planteó en el marco del PERS Cesar. Este banco se construyó de la mano con la comunidad y fueron realizadas más de 2.000 encuestas en zonas con un índice de ruralidad $\geq 40\%$ de los 25 municipios y talleres distribuidos en las cinco ecorregiones del Cesar: 1) Sierra Nevada; 2) Valle del Cesar; 3) Serranía del Perijá; 4) Valle del Magdalena y 5) Ciénaga La Zapatosa. Con esto se buscó dar la más amplia cobertura de proyectos de energización rural al departamento, estableciendo el banco de proyectos en diferentes etapas de los mismos: perfil, prefactibilidad y factibilidad; y distribuidos en las cinco ecorregiones. La energía que se usará para la mayoría de estos proyectos es la energía solar fotovoltaica, estructurada por un sistema de paneles

solares distribuidos de acuerdo a las normas técnicas para el eficiente funcionamiento de los sistemas de energía y los sistemas productivos.

Con el fin de dar continuidad en la formulación de proyectos de energización rural sostenible, se establecieron los lineamientos de la política pública "*Energías Sostenibles para el Desarrollo Rural del Cesar 2032*" por medio del cual se adopta el Plan de Energización Rural Sostenible del Cesar y dentro de su plan de acción se incluye el banco de proyectos.

Así, también, para el presente año, se dio inicio a la ejecución del proyecto *Implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico autónomo para energización*

Inauguración del pozo profundo para riego de Guacochito, municipio de Valledupar. Estas son las estrategias articuladas dentro del Plan de Irrigación y el Plan de Energización Rural Sostenible.



de escuelas rurales no interconectadas en municipios del Cesar, el cual beneficiará a 107 sedes educativas ubicadas en zonas rurales del departamento que acogen a 3.254 estudiantes, el cual impactará a municipios ubicados en las cinco ecorregiones y que contó con recursos del Sistema General de Regalías –SGR.

Estas sedes educativas tienen un largo tiempo a la espera de la energización de sus instalaciones sin éxito alguno, siendo esto un factor limitante para el desarrollo de actividades de formación y el mejoramiento de la calidad académica de sus estudiantes. Actualmente, las aulas gozan de servicio de energía gracias al uso de plantas a combustible, lo que resulta ser una alternativa altamente costosa. Por lo tanto, la implementación de los sistemas de energía solar fotovoltaico representa una alternativa sostenible para las instituciones educativas.

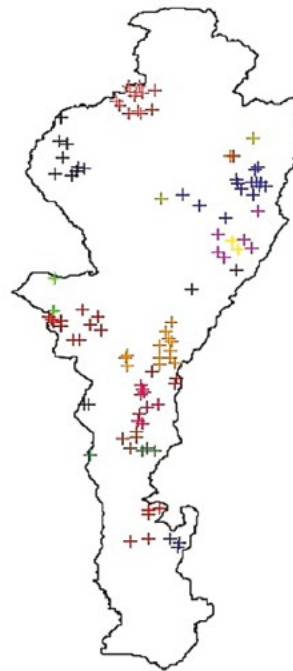
Así mismo, también existen proyectos que se desarrollan en el departamento que provienen de iniciativas privadas, tales como las del Grupo Enel, a través de su filial de renovables Enel Green Power Colombia, en el municipio de El Paso. Según Antonio Scala, gerente de Enel Green Power para Suramérica, la primera planta solar fotovoltaica de Enel Green Power en Colombia representa un hito importante para la compañía y para el sector energético del país: *“Este país representa un mercado ideal para los proyectos de energía verde ya que cuenta con vientos fuertes y altos niveles de radiación solar, además de su avanzado sector hidroeléctrico”*, señala el directivo.

Esta planta representa el 80% de la capacidad instalada de energía solar en Colombia, ocupa un área cercana a las 210 hectáreas y está compuesta por, aproximadamente, 250.000 paneles solares instalados sobre una estructura que permite seguir el sol para maximizar la producción de energía. Se estima que esta planta producirá alrededor de 176 GWh al año, lo cual abastecería las necesidades energéticas anuales de cerca de 102.000 hogares y 400.000 personas. Así mismo, evitaría la emisión anual de alrededor de 100.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera [6].

Con estas iniciativas y conscientes de la transición que debe dar el departamento en sistemas productivos y estrategias de desarrollo rural que garanticen las condiciones óptimas de vida en el campo, los planes de energización rural sostenible se convierten en una oportunidad para las zonas rurales de cada región en Colombia, donde la energía es un insumo para el desarrollo productivo. También constituyen una medida para contrarrestar la deficiencia energética que presentan las áreas rurales donde se sitúan las actividades agrícolas. El PERS Cesar termina siendo una estrategia para mitigar la deficiencia energética en las regiones ya que presenta un enfoque a mediano y largo plazo en comunidades rurales donde se ha determinado un índice de ruralidad $\geq 40\%$, donde es factible formular proyectos de carácter social, ambiental, tecnológico y económico con un componente sostenible que respalde la factibilidad a la hora de encontrar fuentes de financiación por parte de las entidades territoriales, entidades adscritas al Ministerio de Minas y Energía y recursos de regalías.

El PERS Cesar se convertirá en una de las estrategias para el fortalecimiento del PIDAR, que se deriva de la política de desarrollo agropecuario. Así mismo, los proyectos formulados en el PERS departamental serán el complemento fundamental para el Plan de Irrigación y el Plan de Ordenamiento Productivo y Social de la Propiedad Rural. Uno de los objetivos de adoptar el PIDAR a través de ordenanza era dejar trazada la hoja de ruta técnica para el desarrollo agropecuario y rural del territorio, el cual será adoptado por el próximo plan de gobierno departamental.

Con estas iniciativas, y conscientes de la transición que debe dar el departamento en sistemas productivos y estrategias de desarrollo rural que garanticen las condiciones óptimas de vida en el campo, este gobierno departamental está comprometido con dejar implementadas soluciones reales y al alcance de cualquier productor. Así mismo, esta administración cree en las energías alternativas como una gran oportunidad para impulsar la formulación y ejecución de más proyectos a partir de fuentes de energía no convencionales y sostenibles en el tiempo.



Localización de las 107 sedes educativas que se beneficiarán con energización solar fotovoltaica en el departamento del Cesar.

Conclusiones

Ejercer la función pública desde el departamento del Cesar ha requerido un claro ejercicio de planificación que permita visualizar el territorio más allá de este periodo de gobierno. Los desafíos son muchos y aún no se termina la tarea, pero en algún momento había que comenzarla. Hoy existe una hoja de ruta con lineamientos de una política de energización rural a 20 años que ejecute proyectos de energías alternativas, además de las otras iniciativas mencionadas. Sin duda, se ha catapultado al Cesar a un desarrollo rural integral y sostenible.

Estas apuestas departamentales son seguidas por las políticas energéticas nacionales que apuntan con gran énfasis a la diversificación de la matriz energética con el uso de FNCE por medio de entidades y programas como son la UPME, el IPSE, los PERS y los planes de expansión. A pesar de esto, aún falta desarrollo en la implementación de estas fuentes, mayores incentivos, así como marcos regulatorios. Pero esto requiere un esfuerzo de la institucionalidad para articular y aunar esfuerzos con gremios, sector privado, entes territoriales, academia, así como un liderazgo que tenga la capacidad de visionar y repensar el territorio. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. 2017. Departamento del Cesar. Escala 1:100.000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Subdirección de Agrología. 420 p.
- [2] Lewandowski, I. 2018. Bioeconomy. Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy. Springer International Publishing. eBook. 358 p.
- [3] Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial. Departamento del Cesar. 2019. Agencia de Desarrollo Rural -ADR - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO. 151 p.

- [4] Guía para elaboración de un Plan de Energización Rural Sostenible. 2015. Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética -UPME; Colombian Clean Energy-USAID. 38 p.
- [5] Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. 2015. Unidad de Planeación Minero Energética -UPME. 184 p.
- [6] Grupo Enel Green Power. 2018. Acceso en www.enelgreenpower.com.
- [7] Global Trends in Renewable Energy Investment 2018. 2018. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 86 p.

RETOS Y EVIDENCIAS DE SOSTENIBILIDAD DE PROCESOS DE ENERGIZACIÓN PARA UN NUEVO PAÍS RURAL

Challenges and evidence of sustainability in energization processes for a new rural country

Jesús Eduardo Gómez, M.Sc.¹ y José Eddy Torres²

1. Director ejecutivo, APROTEC Tecnología Apropriada.

Contacto: infoaprotec@gmail.com

2. Exdirector del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP/USAID 2012-2017).

Contacto: jeddytorres@msn.com

Resumen

Entre 2012 y 2017 se desarrolló un programa intensivo de diseño e implementación de proyectos de energización rural sostenible en Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia mediante la incorporación de tecnologías de energía renovable. El Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP) trabajó en más de 100 comunidades aisladas con una metodología de cogestión participativa comunitaria que buscaba asegurar la sostenibilidad tecnológica, ambiental, social y económica de cada proyecto realizado en alianza con comunidades locales y entidades públicas, empresas privadas u organizaciones cívicas. El artículo sintetiza la metodología general y su aplicación al caso particular de la microcentral hidroeléctrica y procesos productivos de la comunidad indígena de El Yucal en el Chocó.

Palabras clave: Energización rural, sostenibilidad, zonas no interconectadas, microcentral hidroeléctrica, Chocó.

Abstract

Between 2012 and 2017, the Colombia Clean Energy Program (CCEP/USAID) undertook an intense process of design and implementation of sustainable rural energization projects in the off-grid areas of the country through the incorporation of renewable energy technologies. CCEP worked in over 100 isolated communities with a participatory methodology seeking technological, environmental, social and economic sustainability of each project in alliance with communities and public, private or civil co-sponsors. This article summarizes the general methodology and its application to the specific case of a mini hydroelectric power plant and productive processes in the indigenous community of El Yucal in the state of Chocó.

Key words: Rural energy, sustainability, off-grid zones, micro hydropower plant, Chocó.

En el Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP) convergieron la experiencia de varias décadas de trabajo de campo de los autores y un gran equipo multidisciplinario convocado para concebir, diseñar, gestionar e implementar proyectos que busquen la ampliación al acceso a energía mediante sistemas renovable en zonas rurales y pequeñas urbanas no interconectadas. El programa se realizó entre 2012 y 2017 bajo encargo y patrocinio de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), en asocio con entidades y organizaciones públicas y privadas de orden nacional, departamental, comunitario y académico. En lo que respecta a sus acciones en el frente rural, se implementaron proyectos de energía renovable en hogares, infraestructura social (escuelas, centros de salud, alumbrado público) e instalaciones productivas en 93 comunidades aisladas, beneficiando a 23.588 personas en Zonas No Interconectadas (ZNI) en muchas regiones del país. De este proceso se derivan numerosas experiencias piloto, lecciones aprendidas y valiosa documentación que sirven de referencia al gobierno, empresas públicas y privadas, interesados en realizar trabajo futuro de energización en zonas rurales¹.

Las comunidades en las ZNI presentan enormes retos para el desarrollo de procesos energéticos sostenibles, pero también ventajas aprovechables. Tienen características poco atractivas para las empresas privadas de energía, pues generalmente:

- Están aisladas – no solo de las redes eléctricas sino de los mercados, de los servicios sociales y muchas veces de la paz.
- Son de difícil acceso.
- Cuentan con baja densidad o dispersión poblacional.
- Se trata de familias y actividades económicas de baja demanda energética y baja capacidad de pago.

Paradójicamente, esas mismas características las vuelven ideales para el aprovechamiento de las energías renovables disponibles en la naturaleza local para mejorar los procesos productivos y la rentabilidad de sus actividades económicas; la infraestructura y prestación de servicios sociales; y el mejoramiento general de la

calidad de vida de los pobladores – bajo condiciones y estrategias que se esbozan en este artículo. En efecto, en esas circunstancias, aparentemente adversas, las energías renovables compiten con los altos costos y limitaciones de suministro de combustibles fósiles o extensión de redes eléctricas del sistema interconectado nacional. Además, cuando los proyectos y procesos se conciben como en el CCEP desde la óptica integral de *energización rural sostenible* [2, 3, 4] – y no simplemente de la expansión de cobertura, conexiones o *bombillización* del campo –, contribuyen a desatar procesos de desarrollo económico y social en esos territorios.

Principios básicos para la estructuración y desarrollo de proyectos sostenibles de energización rural

Alianzas y cogestión participativa comunitaria

Como muchos programas y procesos de promoción técnica y financiera de desarrollo rural, el CCEP tuvo una duración finita y unos recursos limitados. La temporalidad y acotamiento de recursos y objetivos, en este caso de inserción de tecnologías energéticas renovables en comunidades de las ZNI, es intrínseco a la definición de cualquier “programa” o “proyecto”, incluidos los financiados con presupuesto nacional o emprendimientos empresariales. Reconocer la característica de gestor temporal es el primer paso para la estructuración sólida de una intervención rural por parte de cualquier gestor externo a la comunidad. Por tanto, incluso antes de su primera visita a una comunidad, el CCEP siempre buscó establecer alianzas con instituciones que tuvieran intereses y compromisos más perdurables en ellas – una entidad pública, empresa privada u organización civil con presencia en el territorio y capacidad de apoyo técnico y logístico hasta tres años después de la realización de cualquier proyecto que se emprendiera.

Más importante aún, en la metodología del CCEP, las comunidades debían participar activamente en todo el proceso, incluyendo la identificación y delimitación del

1. Las memorias del programa documentan en tres tomos los procesos, logros, desistimientos y lecciones aprendidas. [I-1, I-2 y I-3] Están disponibles para descargar en el siguiente enlace: <http://www.ccep.co/index.php/es/comunicaciones/publicaciones>. A su vez, los tomos tienen enlaces QR y Aurasma (realidad virtual) a más de 40 videos de proyectos de energía renovable y eficiencia energética.

El proyecto de energía sostenible se inauguró en 2015 y benefició de manera directa a 472 personas de 96 familias del resguardo indígena del río Panguí y El Yucal, pertenecientes a la etnia Embera Dóbida.



proyecto, la consulta y creación de consenso social, el copatrocinio y preferiblemente cofinanciamiento, la supervisión social de los procesos de construcción y –lo que era absolutamente indispensable– el manejo, mantenimiento y sostenimiento de los sistemas instalados. El CCEP y los socios institucionales inevitablemente partirían de las comunidades un día, pero las comunidades permanecerán y tendrán que tener la capacidad de, y estar empoderadas para, consolidar y continuar desarrollando las soluciones de energía renovable sin la asistencia permanente de agencias externas.

Hay que reconocer que por limitaciones propias de estas comunidades aisladas, generalmente sí se requiere la inyección de recursos técnicos y financieros exógenos a las comunidades para estructurar y viabilizar la inversión inicial en sistemas energéticos renovables. Sin embargo, sin un proceso de cogestión participativa entre los actores institucionales y técnicos externos y los actores sociales y comunitarios locales, los proyectos y procesos energéticos

“implantados” o “aterrizados” exógenamente serán insostenibles. Además, en todos los casos no solo es viable sino indispensable organizar esquemas de auto-sostenimiento financiero comunitario para la administración, operación, mantenimiento y reposición de componentes desgastados de los mismos – condiciones sine qua non para asegurar su sostenibilidad e impacto en el desarrollo local a largo plazo.

El proceso de cogestión participativa, metodología de trabajo y resultados lo presentaremos más adelante empleando como ejemplo el caso concreto de una micro central hidroeléctrica (MCH) en la comunidad indígena Embera Dóbida (literalmente “gente del maíz”) de El Yucal, en los bosques de la Serranía del Baudó en el Chocó. Pero antes, discutiremos los cuatro pilares de sostenibilidad que guiaron todos los proyectos de energía limpia del CCEP, no solo los de ZNI, pues son explícitos en el concepto de *energización rural* en Colombia y América Latina.



La sostenibilidad es multidimensional: tecnológica, ambiental, social y económica

Tratándose aquí de una revista de ingeniería, comencemos con la *robustez* y *sostenibilidad tecnológica* de las soluciones de energía renovable diseñadas, aunque las cuatro dimensiones de este apartado forman un conjunto armónico interactuante. Sin una, no se logran las otras.

En la Ilustración 1 se enfatiza que para asegurar la sostenibilidad tecnológica es necesario trabajar con estudios técnicos, diseños, equipos y sistemas de construcción, operación y mantenimiento probados, robustos y concebidos acordes no solo con el contexto físico y climático sino con la lejanía o aislamiento de la localidad. Por eso se tienen que privilegiar tecnologías maduras, componentes probados, de fabricantes consolidados, de sencilla operación y mantenimiento por pobladores locales y poca necesidad de asistencia técnica especializada de ciudades lejanas. Por ejemplo, la decisión de los materiales y métodos de construcción de una obra

civil en un bosque alejado en concreto, “bolsacreto” o roca del sitio dependerá no solo de criterios de ingeniería y costos sino de la facilidad que tendría la comunidad de repararla con *recursos propios* en caso de crecientes o desastres naturales. La decisión de emplear baterías selladas o abiertas en un sistema fotovoltaico aislado dependerá no solo de los costos y durabilidad teórica de las abiertas frente a las selladas sino a la capacidad, disciplina y accesibilidad a agua destilada del usuario para el mantenimiento del nivel de agua correcto en las baterías abiertas. En estos ejemplos, las consideraciones tecnológicas y financieras necesariamente interactúan con las ambientales y sociales.

Por *sostenibilidad ambiental* no solo se trata de cumplir todas las normas ambientales (como obtener permisos o licencias ambientales, diseñar planes de manejo ambiental o implementar planes de compensación forestal que se llegaran a requerir), sino de aplicar criterios de uso o aprovechamiento de los recursos naturales asegurando la preservación de la calidad

Ilustración 1. Principio de sostenibilidad tecnológica.



- **Tecnologías maduras, robustas y probadas.**
- **No se puede experimentar con una comunidad.**
- **Son de sencilla operación y mantenimiento por habitantes locales.**
- **Requieren baja asistencia técnica especializada.**
- **Fáciles de operar y mantener.**
- **Son consumibles y accesibles.**
- **De bajo costo y larga vida útil.**

del medio ambiente. El hecho de emplear recursos energéticos *renovables* por sí solo no garantiza su reposición a perpetuidad. Por ejemplo, para su operación, una micro central hidroeléctrica siempre dependerá del recurso hídrico y un gasificador de biomasa leñosa dependerá del suministro continuo del recurso forestal, que respectivamente requieren un ordenamiento y manejo responsable de la cuenca hidrográfica o del bosque natural o plantado que suministre la materia prima para la gasificación.

La *sostenibilidad social* requiere la existencia o construcción de una cohesión, confianza e inclusión en torno no sólo al sistema(s) de energización renovable *consensuado(s)* desde las etapas de identificación, estudios técnicos y construcción o instalación, sino a su administración, operación, mantenimiento y posterior expansión en la medida que las comunidades y su demanda crezcan. La construcción de consenso social es de lo más complicado en la sociedad colombiana,

así que en la metodología del CCEP se inicia desde la primera visita a terreno con la construcción de una "cartografía social" donde la comunidad plasma en un plano la ubicación de viviendas, negocios, instalaciones sociales, etc., y comienza a interactuar y crear confianza entre ellos y los equipos técnico, social y ambiental del programa.

Ningún sistema energético renovable, por simple que sea, se puede instalar por una institución o equipo técnico exógeno y abandonar a su libre albedrío. Uno puede sembrar mil plántulas de vivero en un potrero, pero sin un posterior cuidado y mantenimiento humano, no se va a ver crecer, disfrutar y aprovechar un bosque. Tampoco se pueden "sembrar" unos destiladores solares de agua, unas neveras o congeladores solares en un puesto de salud o una cooperativa de pescadores, una pequeña central hidroeléctrica o cualquier otro sistema y esperar que sobrevivan sin un adecuado mantenimiento y reposición de componentes desgastados – las



Ilustración 2. Principio de sostenibilidad económica.



- **Esquemas de recaudo que aseguren como mínimo O&M.**
- **Usos productivos, no solo consumo básico ni exclusivamente domiciliario.**
- **Empresas de Servicios Energéticos – ingresos más allá de tarifas reguladas sobre presunción Estrato 1-2.**

membranas de osmosis inversa de los destiladores, las baterías y reguladores de los sistemas de frío, la limpieza recurrente de bocatomas o la reposición de postes, tubería o líneas de distribución caídos por avalanchas. Al “cerrar” un proyecto, se debe haber asegurado su apropiación social y la capacidad técnica y financiera de administración, operación, mantenimiento y reposición por parte de la comunidad o, en su defecto, por las instituciones públicas o privadas asociadas.

La *sostenibilidad económica a largo plazo* es uno de los aspectos menos previstos en la planificación y puesta en marcha de proyectos energéticos en las ZNI. En parte, esto es debido a que los presupuestos de inversión pública empleados para la “expansión de cobertura” están a cargo de instituciones centrales diferentes a las empresas operadoras, y éstas a su vez están acostumbradas a depender de subsidios estatales para compensar los altos costos de prestación de servicio y los bajos recaudos de la mayoría de usuarios

en estos territorios. En este sentido, el flujo de caja para la operación y mantenimiento no juega un papel importante en la asignación, contratación y puesta en servicio de las inversiones. De una u otra forma, el Estado se ocupará del sostenimiento (o decaimiento) del servicio.

Como programa transitorio de cooperación internacional, sin contar con institucionalidad y recursos públicos recurrentes para asegurar continuidad de los sistemas, para el CCEP no era opción desentenderse de la organización de esquemas de auto-sostenimiento de los sistemas renovables tras su retiro de las comunidades donde se instalaran. Hay muchas formas de abordarlo, pero para la escala y contexto de las comunidades con las que trabajó, el CCEP buscó dejar capacidades humanas, mecanismos financieros y compromisos sociales para asegurar la sostenibilidad económica y financiera de los sistemas de energía renovable – sin dependencia de subsidios inciertos o asistencialismo perpetuo.

Metodología CCEP para el desarrollo de proyectos participativos comunitarios de energía renovable: el caso de la MCH de El Yucal (Nuquí, Chocó)

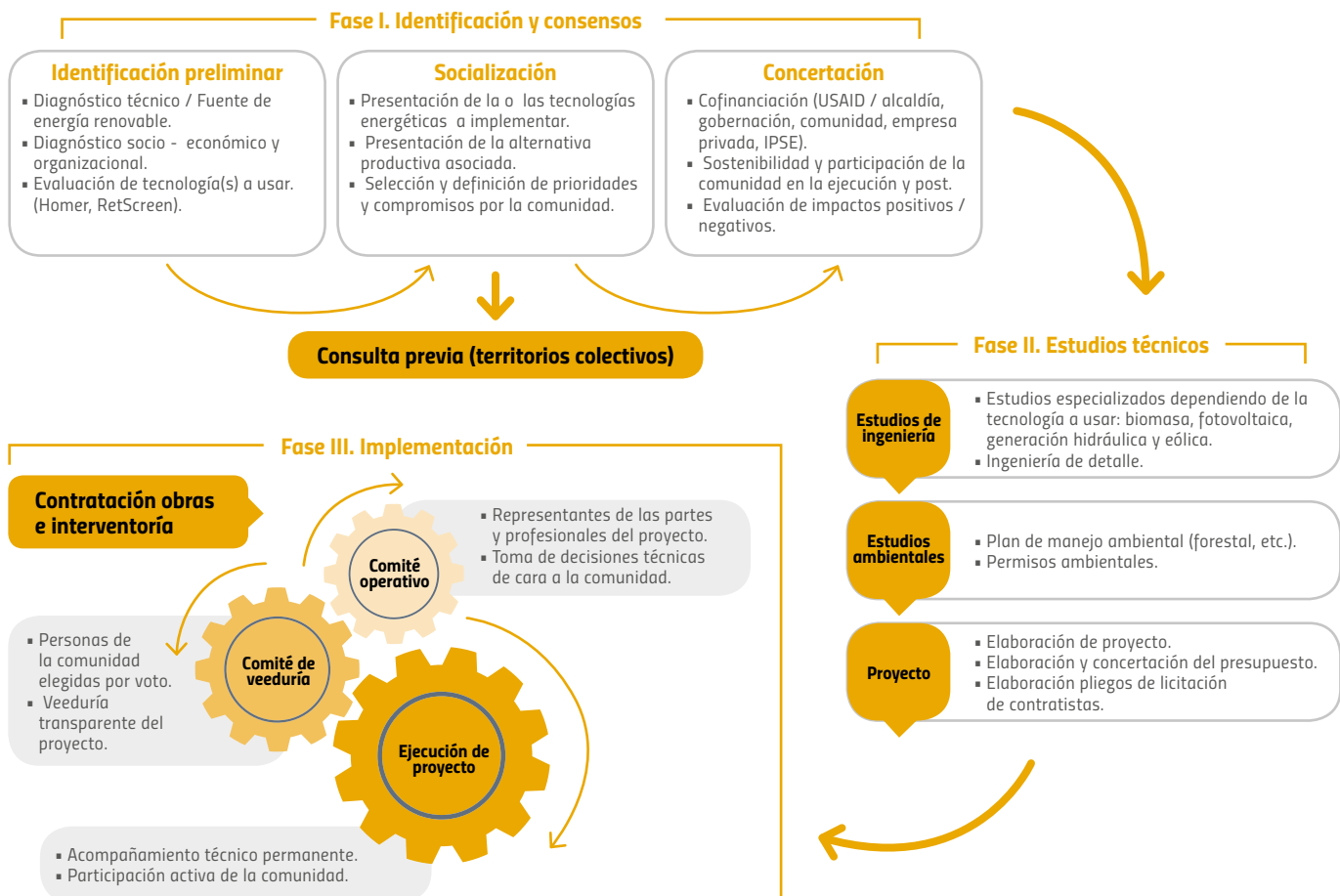
Buscando la sostenibilidad multidimensional, el enfoque del CCEP frente a los proyectos de energía renovable inicia, y está presente durante todas las fases del desarrollo del proyecto, con la comunidad. Durante una de sus visitas al municipio de Nuquí en Septiembre de 2012, el CCEP desplegó un equipo de especialistas en energías renovables y desarrollo social del programa a la localidad de El Yucal para indagar sobre el interés de la comunidad en la implementación de un proyecto de energías renovables en ella. El CCEP conocía que la comunidad anteriormente había recibido asistencia técnica para la producción agrícola de parte de una ONG internacional, que también realizó un estudio de viabilidad sobre la posibilidad de

construir una MCH cerca del pueblo. Parte del equipo del CCEP había participado en ese estudio, por lo que ya existía conocimiento y confianza mutua.

Con participación de la comunidad se organizaron dos equipos de campo: uno para la toma de aforos de la fuente hídrica pre-identificada y establecer las condiciones topográficas, y otro para la toma de información social, productiva y georreferenciación. Con esta primera visita, que en otros casos podría extenderse a una semana e identificar fuentes renovables adicionales, se entabla un diálogo directo con la comunidad, en el que CCEP presenta su oferta de apoyo en la cogestión y cofinanciación de alternativas energéticas renovables a ser identificadas, por una parte, y la comunidad expresa sus necesidades y voluntad de participación en el proceso y cogestión de recursos para adelantar el/los proyecto(s) que se identifiquen y resulten viables, por la otra parte.

Ilustración 3. Metodología participativa CCEP para la identificación, creación de consenso, diseño e implementación de proyectos rurales de energía renovable.

Fuente: Basado en [1-1; pg. 41].



Con la información técnica y socio-económica captada *in situ*, más el conocimiento profesional, cotizaciones de equipos e insumos, entre otros, se elabora un documento técnico (prefactibilidad) y una presentación en cartelera de opciones energéticas posibles de implementar, para discusión y priorización conjuntamente con la comunidad (componentes “Identificación preliminar” y “Socialización” en la Ilustración 3). En este caso, se acordó en reunión entre la comunidad y CCEP pasar a la fase de diseño y estructuración de la construcción de una microcentral hidroeléctrica que incluyera la instalación de redes de distribución eléctrica así como el fortalecimiento de los sistemas productivos y poscosecha de arroz y maíz y de una ebanistería comunitaria para ayudar a su sostenimiento y mejorar la calidad de vida de la población.

Frente a otras fuentes de energía renovable más intermitentes, la gran ventaja de la micro hidroenergía – donde existan las condiciones topográficas e hídricas aprovechables – es que brinda energía firme las 24 horas al día para comunidades nucleadas y aplicaciones agroindustriales. Sin embargo, es bastante exigente en estudios técnicos y ambientales, así como en trámites institucionales y capacitación comunitaria. Por experiencia propia, es necesario contar con un mínimo de 24 meses para materializar la mayoría de proyectos de micro centrales hidroeléctricas en zonas no interconectadas. Este margen prudencial tiene en cuenta que hay que contratar y realizar entre 7 y 10 estudios técnicos y ambientales especializados para los diseños, además de tramitar consultas previas (cuando se trata de comunidades indígenas o afrocolombianas), permisos ambientales y las asignaciones y trámites presupuestales internos de las instituciones asociadas (aquí, el IPSE y la entidad contratada para administrar sus recursos). El diagrama ilustra todo el proceso previo (Fases I y II) que hay que surtir antes de siquiera iniciar la implementación (Fase III).

En la medida que avanzan los estudios técnicos y procesos institucionales, surgen imprevistos que pueden atrasar o incluso dar al traste con el proyecto. Los cogestores del proyecto deben estar preparados para enfrentar y resolver imprevistos, que en general se sortean si hay consenso y unidad entre aliados para

sacar el proyecto adelante. En este caso, no hubo atrasos en cuanto a estudios técnicos y ambientales, que dependen básicamente de la gestión técnica y administrativa propia del equipo de trabajo, pero sí hubo problemas con las gestiones institucionales. La consulta previa, mediada por la dependencia del Ministerio del Interior que certifica la presencia del resguardo indígena Río Panguí en este territorio, debió hacerse en dos fechas (octubre 2012 y marzo 2013) porque la entidad no había previsto los tiempos requeridos de desplazamiento al sitio y eventual pernoctada para completar el procedimiento en su primera visita. Pero más grave fue el proceso de obtención de permisos ambientales, que tardó más de 18 meses y amenazó con cancelar el proyecto.

En julio de 2013, CODECHOCÓ otorgó una concesión de aguas superficiales para la pequeña central, pero frenó el permiso para aprovechamiento forestal único de 59 m3 de madera requerido. A comienzos de 2014 finalmente negó el plan de manejo forestal, argumentando que el terreno que la comunidad indígena había comprado en la década de 1980, antes de la constitución de 1991, había sido delimitado por el INCORA como terreno afrocolombiano tras la promulgación de la nueva constitución. Así que formalmente le pertenecía al Consejo de los Riscales, y no al resguardo indígena Río Panguí. Si bien ambos grupos étnicos respetan sus fronteras de facto, lo que prima son las fronteras jurídicas y fue imposible modificarlas a través del INCODER, sucesor de INCORA. Sin ese permiso forestal, se paralizó el proyecto. Además, sin una solución al impasse jurídico creado se arriesgaba perder los recursos de contrapartida pública que se habían asignado.

El CCEP le planteó a la comunidad la urgencia de resolver el escollo entre las dos etnias, buscar otras alternativas energéticas dentro de los límites asignados en Bogotá a su territorio, o cancelar el proyecto. Entre las alternativas identificadas existía la posibilidad de emplear otra fuente hídrica más alejada del poblado (a significativamente mayor presupuesto), montar distintos arreglos solares para viviendas e infraestructura escolar y alumbrado público (pero excluyendo motores para procesos productivos),

gasificación de madera cultivada, etc. Finalmente, la comunidad asumió la responsabilidad de concertar con el Consejo de los Riscuales para que éste solicitara el permiso forestal a CODECHOCÓ y le cediera el derecho de uso de la obra a la etnia indígena.

Después de más de un año de trámites, en Agosto de 2014 finalmente se logró obtener el permiso ambiental definitivo para proceder con el proceso de licitación e implementación, que se realizó durante el 2015. Ahora bien, todo el tiempo invertido en el diseño, estructuración, financiación, permisos, licitación, construcción y puesta en marcha de las instalaciones energéticas acordadas se aprovechó por el CCEP para trabajar en paralelo en la capacitación y fortalecimiento organizacional de la comunidad para que ella sola pudiera hacerse cargo del

sostenimiento y aprovechamiento óptimo del sistema implementado. Asimismo, por parte de la comunidad se adelantó la construcción de edificaciones para instalaciones administrativas y productivas así como los postes para redes y alumbrado público.

Para propiciar la sostenibilidad económica, social, técnica, ambiental y administrativa, se organizó una Junta Administradora de Servicio Energético (JASE), que asumiría la propiedad y se encargaría de operar, mantener y administrar la MCH; las redes eléctricas de casa de máquinas al poblado y de baja tensión en el poblado; el alumbrado público; las acometidas domiciliarias y redes internas de las viviendas, escuela y edificaciones comunitarias; los equipos de procesamiento de maíz y arroz; y la carpintería.

SOSTENIBILIDAD ADMINISTRATIVA

Implementación del proceso integral de acompañamiento socio-empresarial y fortalecimiento para la comunidad de El Yucal, resguardo indígena, Río Panguí, municipio de Nuquí, Chocó, en atención a la construcción de una MCH, conforme a las especificaciones técnicas que se provean.

RUBRO	ALCANCE	RESULTADO
Establecimiento JASE	1	JASE conformada por 4 líderes capacitados
Plan de Formación para la JASE	160 horas	Horas de formación en administración, contabilidad y finanzas
Establecimiento oficinas con sede propia	1	Oficina dotada con todas las herramientas ofimáticas, con espacio de reuniones JASE
Fortalecimiento y empoderamiento de la JASE	1	Reglamento interno, modelo planeación estratégica, desarrollo de juntas mensuales

Ilustración 4. Sostenibilidad administrativa del proyecto

Foto 1. Capacitación en contabilidad y finanzas en las oficinas autoconstruidas por la JASE de El Yucal.

Foto 2. Instalaciones donde están ubicadas las oficinas de la JASE.



Foto 1



Foto 2



La comunidad recibió más de 4.500 horas/persona de capacitación en temas administrativos, contables y financieros para el manejo de la JASE, así como competencias y habilidades para el desarrollo de procesos productivos (trilla de arroz y maíz, entre otros).

En total la comunidad recibió más de 4.500 horas-persona de capacitación en:

- Temas administrativos, habilidades y competencias contables y financieras para manejo de la JASE, la trilla de arroz y maíz y la ebanistería.
- Formación técnica en la operación y mantenimiento de los equipos y obras civiles de todas las instalaciones energéticas y productivas del proyecto.
- Formación en temas de seguridad industrial y manejo de residuos sólidos y líquidos.
- Formación en el plan de manejo forestal; podas y mantenimiento del corredor de seguridad de la red; y reforestación.

El proyecto se inauguró en noviembre de 2015, habiendo instalado una MCH de 20 kW, la red de distribución, las redes domésticas internas, la iluminación pública, la electrificación escolar, y la instalación de un molino de arroz, una desgranadora de maíz y una carpintería para dar un valor agregado a sus productos y generar

una fuente de ingresos a su JASE, encargada de las operaciones técnicas y administrativas. La sostenibilidad financiera está garantizada con los ingresos generados por el proyecto productivo de la molienda de arroz y maíz, que corresponde a cerca del 50% de los ingresos de la JASE; la otra mitad proviene del cobro de tarifas mensuales a cada vivienda. La sostenibilidad operativa está garantizada con la capacitación de jóvenes locales entrenados para operar y mantener las instalaciones y los equipos.

Al cierre del Programa, USAID traspasó la propiedad de los activos instalados al Resguardo Indígena y la JASE había asumido el 100% de manejo técnico, operativo y financiero de las instalaciones, recaudado y ahorrado excedentes por encima de costos operativos por más de 30 millones de pesos para reparaciones, nuevas conexiones y ampliaciones del servicio, y el sentido de pertenencia y apropiación del sistema por la comunidad – imprescindible para el éxito de proyectos de energización rural – seguía en alza.

Conclusiones

Es necesario concertar con las comunidades beneficiarias la instalación de sistemas de energización rural. Deben ser conscientes de las capacidades y limitantes de la tecnología. Además, deben entender que será necesario comprometerse a prestar un esmerado servicio para garantizar su operación y mantenimiento. Los sistemas deberán ser operados de manera automática por miembros de las comunidades locales.

Ellas deberán además comprometerse también en la administración del sistema. Deberán recaudar

dineros para garantizar los fondos para reponer componentes y realizar cambios de equipamiento o acometer reparaciones imprevistas.

Garantizar la sostenibilidad de un sistema aislado es el elemento clave para garantizar el éxito de un proyecto de energización. Es tan importante como la selección de equipos y componentes técnicos. Un proyecto no solamente requerirá de un buen diseño y selección de componentes duraderos y sencillos de operar sino además de un ineludible compromiso para hacerlo perdurable en el tiempo. ●



Conozca el proyecto de energía sostenible desarrollado por el CCEP en El Yucal, Chocó.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Tetra Tech ES Inc, Programa de Energía Limpia para Colombia 2012-2017, documento producido en tres tomos para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Bogotá: Marzo de 2017. Tomos: [I-1] Informe Principal: Experiencias para Construir Futuros, [I-2] Perfiles de Proyectos y [I-3] Crónicas de un País en Movimiento.

[2] Grupo de Trabajo Latinoamericano y del Caribe sobre Energización para un Desarrollo Rural Sostenible – GLAERS. Energización para un Desarrollo Rural Sostenible – Enfoque Metodológico. Buenos Aires: FAO-SECYT-INTA, Mayo de 1990.

[3] Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Plan Energético Nacional - PEN, Bogotá: Mayo de 1994.

[4] Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Guía para la Elaboración de un Plan de Energización Rural Sostenible, Bogotá: Junio de 2015.



MICRORREDES AISLADAS EN LA GUAJIRA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Isolated microgrids in La Guajira: design and implementation

Nicanor Quijano, Ph.D.¹, Angélica Pedraza², Miguel Velásquez, Ph.D.³, Guillermo Jiménez Estévez, Ph.D.⁴, Ángela Cadena, Ph.D.⁵, Jorge Mario Becerra⁶ y Álvaro Ramírez⁷

1. Profesor titular. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: nquijano@uniandes.edu.co

2. MS, Colibri Energy SAS. Contacto: ab.pedraza1391@uniandes.edu.co

3. Investigador postdoctoral. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: ma.velasquez107@uniandes.edu.co

4. Profesor visitante. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: ga.jimenez@uniandes.edu.co

5. Investigador asociado. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: acadena@uniandes.edu.co

6. Estudiante doctoral, MS. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Contacto: jm.becerra583@uniandes.edu.co

7. MS, ISAGEN. Contacto: aaramirez@isagen.com.co

Resumen

En este trabajo se propone el diseño e implementación de una microrred aislada en el norte de Colombia, en comunidades Wayúu que no cuentan con servicio de energía. El diseño parte de un análisis de las comunidades, el cual lleva a un diseño participativo considerando las necesidades locales. Este diseño se da a partir de una serie de visitas a las comunidades, permitiendo hacer un análisis energético. Dicho análisis es ajustado unas cuantas veces con las comunidades, para que finalmente se obtenga la ingeniería de detalle que luego será implementada, utilizando tanto tecnología solar como eólica. Una serie de lecciones aprendidas surgen dentro de este proceso, el cual podría ser replicado en diferentes comunidades siempre y cuando sus habitantes estén involucrados desde el principio y sean partícipes de la solución.

Palabras clave: procesos agrícolas, semillas, investigación, desarrollo, innovación, insumos agrícolas, agroindustria colombiana.

Abstract

This paper presents the design and implementation of an isolated microgrid developed in La Guajira, north of Colombia. It was designed through the collaboration and capacity building of the community itself. Several activities were developed by the research group in order to improve the technical design. With the objective of reaching a consensus in terms of the final design, several visits were made to the community. During the implementation, some new ideas on how to improve the design appeared. In any case, if the microgrid (that uses both solar and wind energy) would be replicated in any other location, we strongly recommend to include, from the beginning, the community needs and the ideas of its inhabitants.

Key words: agricultural processes, seeds, research, development, innovation, agricultural inputs, Colombian agroindustry.

Introducción

El departamento de La Guajira es uno de los más ricos del país en materia de recursos energéticos, entre estos, el carbón, el gas natural, la radiación solar y el viento. Pese a esta riqueza, que se complementa con los atractivos paisajísticos y turísticos de la región y la cultura ancestral de las comunidades que la habitan, el departamento sufre un representativo rezago social que se ve reflejado en sus índices de necesidades básicas insatisfechas, unos de los más altos del país [1]. Tales condiciones adversas se agudizan en las áreas rurales en las que habitan principalmente comunidades indígenas y en las que a causa de factores como las condiciones desérticas que caracterizan a la Alta y la Media Guajira, un alto grado de dispersión y una baja densidad poblacional, se dificulta la provisión de servicios básicos como el acceso al agua, la energía, la educación y la salud.

Bajo tal contexto, se espera que el futuro desarrollo de potenciales proyectos para el aprovechamiento de un recurso energético ampliamente disponible en estos territorios, como es el viento, aporte beneficios a las comunidades, lo que permitiría mejorar sustancialmente sus condiciones de vida. Lo anterior, posiblemente, a través de la participación de las comunidades como socios aportantes de los derechos de uso de las tierras, lo que le permitiría que percibieran un ingreso por la operación misma de los proyectos. Para poder entender las necesidades de las comunidades a nivel país, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) creó los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) [2], dentro de los cuales se desarrolló el PERS Guajira [3]. Este plan da unas bases metodológicas sobre el diagnóstico energético y socio-económico rural en tres subregiones del departamento.

Una de las soluciones que ha permitido integrar de manera exitosa diferentes tipos de generación (tanto convencional, como de fuentes renovables) es el concepto de microrredes. Una microrred se define como un grupo de cargas y recursos de energía distribuidos (DERs), por sus siglas en inglés, con fronteras eléctricas claramente definidas que actúan como una única entidad controlable con respecto a la red y puede conectarse y desconectarse de esta, de tal manera que pueda operar tanto en modo interconectado como en modo isla [4]. En otras palabras, se tiene una red que aglutina DERs (generación distribuida renovable y convencional), así

como almacenamiento (e.g., baterías) con el fin de suplir a una serie de cargas. Las microrredes están diseñadas para integrar tecnologías de generación distribuida, lidiando, a través de su control y monitoreo, con la intermitencia de la generación renovable variable, lo que garantiza una operación eficiente, confiable y segura.

Se tienen diferentes aplicaciones de microrredes (e.g., a nivel industrial, militar, institucional), pero en este caso nos interesan ejemplos de microrredes para la electrificación de zonas aisladas y rurales. Algunos ejemplos que se pueden ver a nivel mundial son, la microrred de Huatacondo, Chile [5], Punta Soldado, Valle del Cauca [6], Isla Annobon, Guinea Ecuatorial [7] y Entesopia, Kenya [8], entre otras. El común denominador de los casos presentados corresponde a la energización en poblaciones aisladas y vulnerables que no poseían acceso a la energía eléctrica. En este tipo de poblaciones, y en general para cualquier tipo de comunidad, una de las claves principales del éxito de proyectos en microrredes, es la integración de dicha población en el diseño e implementación de la solución.

Uno de los casos más exitosos es el de Huatacondo, en el cual se propone el concepto de SCADA social [5, 9], utilizado en este proyecto. Este enfoque busca integrar los aspectos técnicos con los socioeconómicos, con el fin de generar conciencia en la comunidad acerca de la microrred, para que sus pobladores se apropien de su gestión y mantenimiento. En el caso de La Guajira, haciendo uso de la metodología propuesta [5], y sumando las relaciones que tiene el financiador de este proyecto con las comunidades, se logró el diseño e implementación de microrredes aisladas en dos comunidades de la región. Para ello, se partió de un diseño participativo, en el cual la comunidad local (constituida en su mayoría por población Wayúu) y los integrantes llegaban a una serie de acuerdos y compromisos que permitieron discutir en diversas ocasiones el diseño de la parte técnica. El diseño de detalle y la implementación (presentados en la Sección III) fueron desarrollados por dos empresas (Sennergysol [10] y Suncolombia [11] respectivamente), basados en la metodología que se presenta en la Sección II. Esta solución fue entregada a las comunidades en el mes de marzo de 2019, por lo que a partir de ahora surgen una serie de desafíos que se discuten en la Sección IV. Se espera que con la operación y mantenimiento prevista para este año que inicia, surjan nuevos retos y soluciones que desde la academia, en trabajo conjunto

con las empresas desarrolladoras, signifiquen nuevos desafíos por resolver, como se plantea en la Sección V.

II. Metodología

Para poder hacer el diseño técnico, es necesario entender, en primera instancia, a las comunidades. Por lo tanto, se ha dividido la metodología en varios componentes: i) un análisis de las poblaciones; ii) un análisis energético que surge luego de una serie de visitas e iteraciones con los futuros usuarios; y finalmente, iii) un análisis operativo que lleva a la solución e implementación que serán descritas más adelante.

A. Análisis de las comunidades

Con el objetivo de lograr un entendimiento de la situación y el contexto de las comunidades consideradas como posibles candidatas beneficiarias de la solución de energización piloto y sus posteriores réplicas, se revisaron varios documentos enfocados en la caracterización social de la cultura Wayúu y de sus pobladores.

Dentro de los documentos relevantes, se tiene un estudio [12] donde se establece cómo el diseño participativo de los sistemas reconoce que en algunas situaciones es necesario estructurar enfoques de concepción de los servicios, en los que haya una participación de todos los actores relevantes. En este marco conceptual, se encuentra que las razones sobre la pertinencia del diseño participativo se pueden resumir en: i) el marco legal del país, ya que todas las actividades que se realicen en territorio de propiedad comunal o de minorías debe ser acordado con las comunidades que lo habitan y estas deben tener participación activa en todas las decisiones que puedan afectarlos¹. Por otro lado, ii) los estudios antropológicos y sociológicos realizados en estos territorios muestran características culturales, políticas y prácticas, además de usos y costumbres que deben ser tenidas en cuenta y profundizadas en su comprensión. Tener en cuenta estos elementos del diseño participativo, permite que el proyecto de una solución energética se logre y sea sostenible en el tiempo.

Una de las partes más importantes es el aprendizaje colectivo, el cual busca desarrollar capacidades de auto-organización a partir de la autonomía local (Lleras, 2002; Lleras, 2004). Por lo tanto, la solución que se propone es una que beneficie de manera directa el mayor

número de personas dentro de la comunidad. Por ello, la propuesta enfatiza en la configuración y permanencia de espacios donde se realice la construcción colectiva de los productos y servicios, su rediseño y mantenimiento [13], [14] [15]. Lo anterior sitúa la base del diseño en: i) las decisiones que la comunidad toma con el objeto de articular necesidades y servicios; y ii) los acuerdos y compromisos que se establecen en el marco de la red de apoyo, que permiten actualizar la concepción social y técnica de la comunidad frente a sus necesidades.

Para lograr la base del diseño, se comenzó la construcción de confianza por medio de una serie de visitas por parte de varios integrantes del equipo desarrollador del proyecto (Figura 1). En un primer acercamiento, se acordó la realización de un taller en las comunidades, el cual tuvo que ser postergado en varias ocasiones por diferentes problemas que acaecieron en las zonas seleccionadas. Para no perder contacto con las comunidades, se sostuvieron entrevistas con los líderes de las zonas, y se comenzaron a obtener ciertos insumos que empezaron a aportar en el direccionamiento de la solución de energización a ser provista y apropiada por la comunidad. Después de las primeras visitas y talleres, se comenzó a desarrollar el análisis energético a partir de la información que se tenía disponible. Cabe mencionar que el acceso a estas comunidades es complejo debido a las características topográficas y climatológicas de la zona. Estas comunidades se encuentran cerca de la frontera colombo-venezolana y el acceso en tiempo seco puede durar tres horas desde Maicao.

B. Análisis energético y operativo

Partiendo de las necesidades identificadas durante el reconocimiento en campo, se construyeron curvas de carga diarias a partir de la selección de los artefactos y las cantidades que deberían ser atendidos por la solución a ser desarrollada. En este sentido, era de vital importancia tener un estimado de la cantidad de personas que hacen parte de la comunidad ya que esta cantidad está directamente relacionada con las necesidades energéticas. La estimación de la cantidad de personas es una tarea complicada debido a que las comunidades Wayúu, en su mayoría, son seminómadas. En este ejercicio, se trabajó con poblaciones que pueden ir desde las 50 hasta las 200 personas.

Una vez determinado el tipo y número de cargas que se establezca deberán ser alimentadas por la solución a ser

1. Se soporta en los artículos 7, 10, 63, 68, 72, 171, 176, 246, 286, 329, 330 y 356 de la Constitución Política de 1991, La sentencia T-567 de 1992 de la Corte Constitucional, solo para nombrar algunas de primer nivel.

desarrollada, se busca obtener una curva de la demanda diaria de energía (E) en unidades de potencia (P) vs tiempo (t), como lo ilustra la Figura 2. En este caso, se tuvieron en cuenta parámetros como el tipo de electrodoméstico (luz, cargador, radio, TV, etc.) I , el tipo de usuario (hogar, escuela, tienda, puesto de salud, etc.) J , el número de usuarios en cada tipo (e.g., número de hogares en la comunidad) N_j , el número de electrodomésticos i del tipo de usuario j (e.g., número de TVs en un hogar) n_{ij} , la Potencia nominal [W] del electrodoméstico i en la clase j (e.g., la potencia nominal del TV en el hogar) P_{ij} , el tiempo de funcionamiento de cada electrodoméstico i del tipo de usuario j (e.g., tiempo de uso diario del TV del hogar) h_{ij} , la ventana de funcionamiento de cada electrodoméstico i del tipo de usuario j (e.g., periodo del día donde el TV del hogar puede encontrarse encendido) $w_{F,ij}$. Teniendo en cuenta que el tiempo de funcionamiento de una determinada carga puede ser menor a su ventana de funcionamiento (siendo esta última el rango de tiempo en el que esta puede llegar a operar), se cuenta con que $\sum \text{duración } w_{F,ij} > h_{ij}$. De esta manera, la contribución de cada carga o electrodoméstico al perfil de carga viene a estar dado de la siguiente manera:

$$E_{ij} = P_{ij} * h_{ij} \text{ y } P_{av,ij} = \frac{E_{ij}}{\sum \text{duración } w_{F,ij}}$$

Así, la contribución en potencia (y energía) de cada electrodoméstico viene a estar dado por un promedio de P, calculado a partir de la distribución de la energía consumida a lo largo de la duración total de las ventanas de funcionamiento. Con esto, se obtiene como resultado

$P_{av,ij}$ es decir, la potencia promedio utilizada en cada tipo de usuario por concepto de un electrodoméstico, por hora, como podría ser, por ejemplo, la potencia promedio utilizada por un universo de 10 hogares por concepto del uso de la TV, por una hora. A partir de este resultado, y pasando de valores de potencia a energía en intervalos horarios, se obtiene la energía consumida hora a hora, para así estimar la curva de demanda diaria correspondiente. En cuanto al consumo, existen varias referencias relevantes en las cuales se podría uno basar para determinar los límites de potencia para cada una de las posibles cargas (e.g., ver [16] [17] [18] entre otros).

En cuanto al análisis operativo, se diseñaron algoritmos de despacho y manejo de recursos para identificar posibles costos de la energía. El despacho económico es vital en una red que cuenta con distintos recursos de generación, cada uno con diferentes costos y características, ya que se utiliza para minimizar los costos de operación a la vez que se satisfacen las restricciones de seguridad del sistema. El despacho económico se puede realizar de forma estática o dinámica, siendo esta última más compleja pero más conveniente por la existencia de fuentes de generación con incertidumbre. El problema del despacho económico busca minimizar los costos de operación del sistema, encontrando la asignación de potencia de cada generador para cada instante de operación. En este sentido, se consideran las funciones de costo de las distintas tecnologías de generación y sus restricciones técnicas. Además, en el despacho económico se incluye una restricción de balance



Figura 1. Imágenes de los talleres realizados con las comunidades.

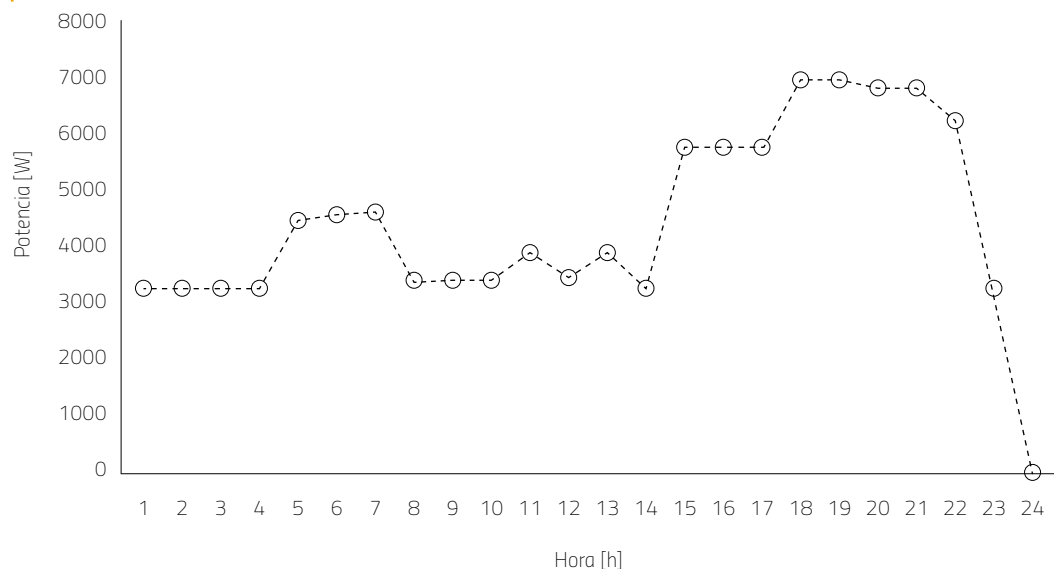
que asegura que la generación es igual a la demanda y por lo tanto no hay déficit. Morales et al. [19] han mostrado el efecto de no incluir este tipo de variables en el despacho, y propone incluir los costos esperados de balancear el sistema en el despacho por orden de mérito [19]. Lo anterior, con el fin de mantener una entrega de energía eficiente. En la literatura se han propuesto distintas herramientas para incluir variables aleatorias dentro del problema de despacho económico, entre las cuales se destacan, el método de estimación de punto [20], despacho multiobjetivo [21] y [22], algoritmos de descomposición [23], programación dinámica [24], algoritmos de descomposición para deslastre de carga y la respuesta de la demanda [25] y [26], y control predictivo basado en modelo, (MPC) [27], [28] y [29]. En este proyecto se utiliza el MPC ya que tiene algunas características apropiadas e interesantes para resolver problemas de despacho. Como características, se tiene que estos algoritmos permiten al operador considerar los posibles eventos futuros y la evolución del sistema en un problema de optimización. Para este fin, es necesario contar con un modelo del sistema que represente fielmente el estado actual de la red y su evolución en términos de generación y demanda. Adicionalmente, una de las principales ventajas del MPC es la posibilidad de incluir distintos tipos de restricciones en el problema de optimización. El despacho de la generación eléctrica se realiza por medio de un control MPC distribuido, en el cual se resuelve un problema de optimización para

cada generador en tiempo real, similar a un despacho económico clásico. Sin embargo, este controlador también calcula la generación para instantes futuros de tiempo, de acuerdo con la información de demanda disponible y la disponibilidad del recurso, para el caso de las fuentes de energía renovables. La cantidad de información pronosticada considerada depende del horizonte de predicción y del tiempo de muestreo configurados en el controlador. Los trabajos en [30], [31] y [32] resumen las estrategias utilizadas.

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de las soluciones propuestas y asegurar que sean factibles en su implementación, se realizan simulaciones de estado estable, para obtener los valores de corriente y voltaje del sistema utilizando la solución del despacho horario con horizonte de predicción igual a 24 horas. Los valores obtenidos se comparan con las restricciones del código de redes (Resolución CREG 025 de 1995), el reglamento de distribución de energía eléctrica (Resolución 070 de 1998), y el estándar de interconexión de recursos distribuidos IEEE 1547. Básicamente, se verifica que el nivel de tensión se encuentra entre 0.9 p.u. y 1.1 p.u., que la cargabilidad de las líneas no sobrepasa el 100%, y además se analiza el comportamiento de las pérdidas de potencia activa.

Para la solución de energización del módulo, en primer lugar, es necesario tener información dinámica de la demanda

Figura 2. Ejemplo de curva de carga diaria.



del sistema (específicamente de cada uno de los circuitos a implementar). Igualmente, es necesario contar con la estimación (o los datos históricos) del recurso solar y eólico para realizar el despacho y operación eficiente del sistema. En la Figura 3 se puede observar el comportamiento de la

demanda para las 24 horas de un día típico. De acuerdo con los resultados de despacho para cada uno de los escenarios y del comportamiento de la demanda, se realizaron simulaciones de flujo horarias para un día típico. El diagrama unifilar del sistema propuesto se muestra en la Figura 4.

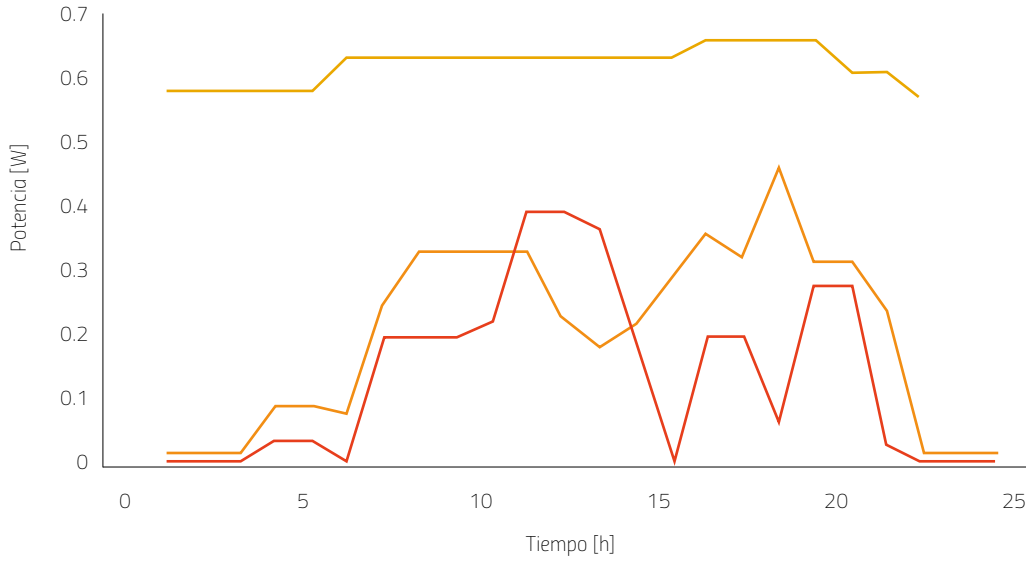


Figura 3. Demanda de cada circuito.

Circuito 1
Circuito 2
Circuito 3

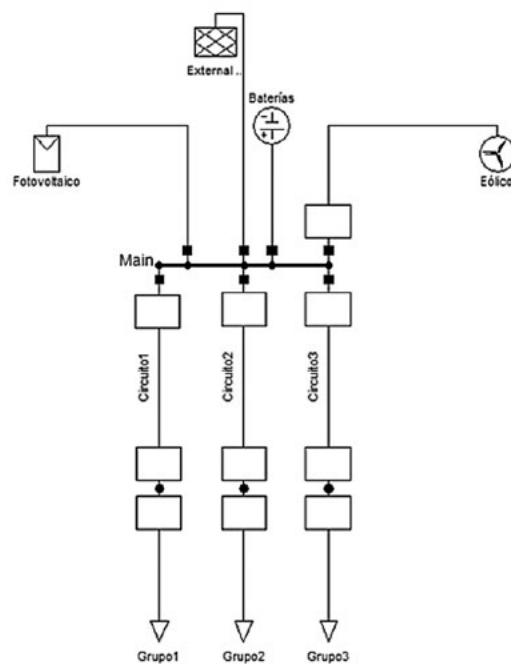


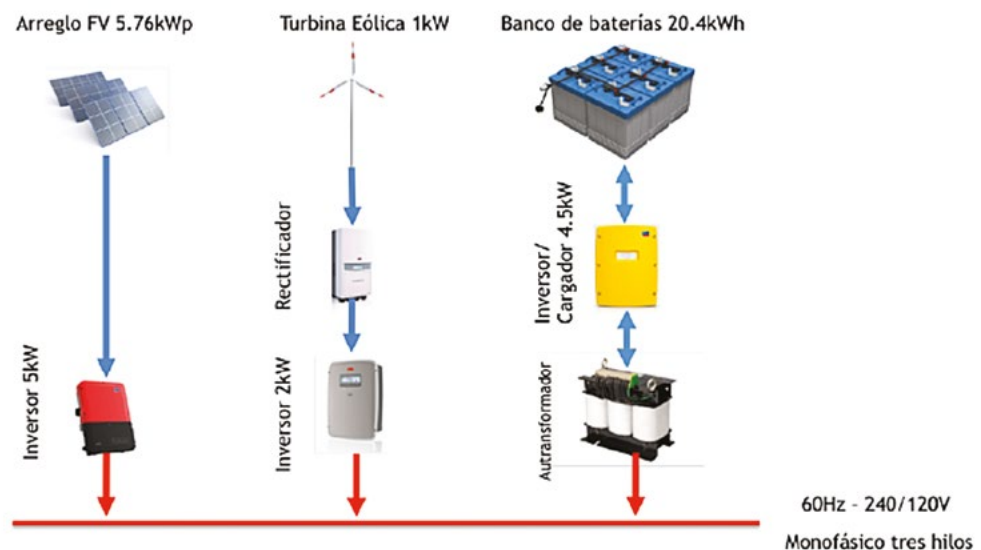
Figura 4. Diagrama unifilar de la propuesta.

III. Soluciones propuestas e implementación

El diseño que se planteó para una de las comunidades tenía en cuenta las necesidades energéticas identificadas para la misma. Con el fin de minimizar los costos de inversión, se consideró que dependiendo de la disponibilidad de recurso, se podría tener un déficit de energía de 20%. Esta solución cuenta con un generador eólico de 1kW (con un inversor de 2 kVA), un conjunto de paneles fotovoltaicos de 5.76 kWp (dos strings de 9 paneles en serie, de 320 Wp y un inversor de 5 kVA) y un banco de baterías de 20.4 kWh (24 baterías de 425 Ah a 2V, conectadas en serie) manejado por medio de

un inversor/cargador de 4.5 kVA, como se ilustra en la Figura 5. Dentro de las cargas a proveer por medio de la solución, se encuentran iluminación, aire acondicionado, refrigerador, congelador, celulares, lámparas, televisor, módem, ventilador, tabletas, entre otros. La enramada (lugar de encuentro social de la comunidad) solar tendrá una potencia total de 4,5 kW y un consumo energético de 22,7 kWh. De acuerdo con la demanda de energía de la comunidad y la disposición de la misma, se definió una topología eléctrica de la microrred en AC sea monofásica a tres hilos o también conocida como Split-phase 120/240V 60Hz, con el balance de cargas propuesto para las dos líneas.

Figura 5. Arquitectura del sistema de generación Planta Piloto 1.



Por otro lado, el sistema de control deberá estar eléctricamente acoplado en AC con el fin de realizar el control sobre ese lado del sistema, de acuerdo con los siguientes criterios. El banco de baterías actúa como regulador de frecuencia, i.e., que la generación solar y la generación eólica sólo entrarán a generar cuando haya un voltaje y frecuencia presentes en la barra a la cual se conectan. La medición de variables eléctricas y la

medición de los recursos renovables (radiación y viento) son las señales de entrada al sistema y por otro lado las consignas de potencia y la desconexión/conexión de la demanda corresponden a las salidas del sistema. La comunicación requerida por el sistema de control se da sobre una Ethernet/WLAN, cuyos protocolos de comunicación son implementados en Modbus. La arquitectura propuesta se muestra en la Figura 6.

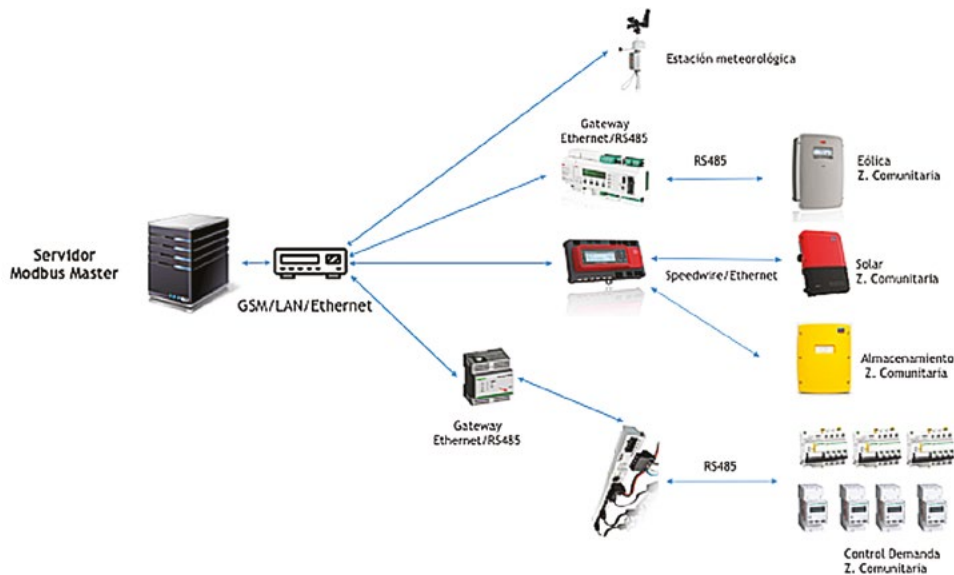


Figura 6. Arquitectura propuesta para el sistema de control y comunicaciones.

El sistema de control deberá poder manejar y solucionar los siguientes escenarios límite de operación: i) *black-start*, el cual busca que en caso de *black out*, el sistema de control será capaz de energizar el sistema desde cero a través del banco de baterías para permitir que se puedan sincronizar las fuentes de generación solar y eólica; ii) cambios en la demanda: los cambios en la demanda no deberían generar inestabilidad en el voltaje y la frecuencia de la microrred. La regulación primaria de los inversores del sistema controlarán este escenario sin ayuda del sistema de control secundario; iii) fallas en la demanda: en caso de fallas en el lado de la demanda, estas deberán ser controladas por las protecciones primarias de los circuitos de distribución. Una vez despejadas las fallas el sistema de controlar deberá

estar en capacidad de realizar la reconexión de manera remota; iv) fallas en generación: en caso de fallas en la generación solar y/o eólica, el sistema de control estará en capacidad de realizar un redespacho de las fuentes de energía disponible y también de controlar la demanda a través de deslastres de carga en caso de que sea necesario mientras la falla es solucionada. Lo mismo deberá ser realizado por el sistema de control cuando el generador en falla se encuentre nuevamente disponible; v) priorización de la demanda en caso de deslastre: en este caso, se asigna el orden de prioridad de la Figura 7 de deslastre para cada zona de la planta. Para cada uno de los grupos de carga de cada zona existirá un circuito de distribución independiente que permitirá conectar y desconectar de acuerdo con las prioridades establecidas.

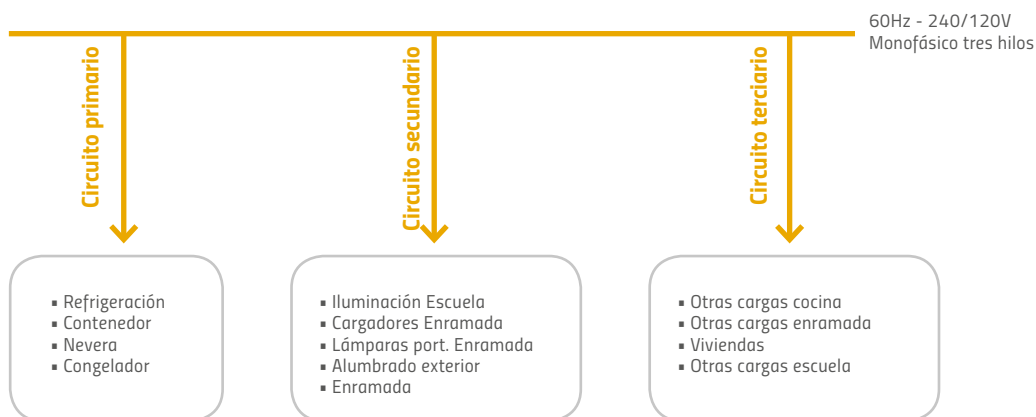


Figura 7. Prioridad de las cargas en el módulo comunitario.

Figura 8. Sistema híbrido (solar fotovoltaico, eólico y baterías).



La implementación del sistema se puede ver en la Figura 8, donde se ve el aerogenerador, la enramada con los paneles solares, nevera y refrigerador, así como una visión de dónde y cómo llega la información de los elementos.

IV. Discusión

El proyecto que fue entregado recientemente ha comenzado a tener un alto impacto en la comunidad. Durante la entrega de la solución, los habitantes se mostraban altamente complacidos por el sistema y se percibe una cierta apropiación del mismo. Durante la implementación física, los habitantes recibieron una serie de capacitaciones para la operación del sistema, y se dieron varias lecciones asociadas al uso racional de la energía. Sin embargo, en este tipo de soluciones varios problemas comienzan a emerger. En primer lugar, es claro que en múltiples ocasiones se colocarán más cargas de

las que el sistema había contemplado originalmente. Si bien se dejó una cierta holgura para que los habitantes pudiesen conectar unas cargas de más de las que se previeron originalmente, al encontrarse con esta nueva solución los habitantes tratarán de conectar elementos que pueden llegar a consumir toda la energía que pueda lograrse almacenar en las baterías (e.g., taladros, parlantes en las iglesias evangélicas, etc). Por lo tanto, una de las lecciones que hemos sacado del diseño es que éste tiene que sobredimensionarse, para poder lograr en la medida de lo posible abarcar más cargas de las diseñadas. Sin embargo, esto tiene un costo elevado que limitó en esta ocasión haberlo hecho desde un principio.

Otra de las lecciones aprendidas en esta implementación es la complejidad asociada con los sistemas de comunicaciones disponibles. En la zona no se dispone de señal de GPRS, por lo que los datos que se han

comenzado a tener no han podido ser enviados para un monitoreo remoto. Actualmente, se está resolviendo este inconveniente gracias a soluciones de internet satelital. Esta posible solución nos permitirá comenzar a entender que tan bien se están comportando las acciones de control del sistema, y cómo podría llegar a hacer una sintonización más fina de los equipos. Lastimosamente, como el sistema solo lleva un mes de operación, aún no tenemos datos del comportamiento de equipos claves, como lo son las baterías. Es importante poder lograr en el corto plazo un monitoreo remoto de estas, ya que el tipo de climatización que se tiene para este equipamiento no limita por completo la aparición de temperaturas más altas que estarían afectando la eficiencia de las baterías.

Finalmente, es claro que para poder replicar este tipo de proyectos en diferentes comunidades a lo largo del país, es menester contar con la comunidad y tener un diálogo permanente y fluido con ella. La implementación de estas soluciones depende de qué tanto están involucrados todos los actores en el desarrollo del proyecto. El país podría pensar en tener soluciones como este tipo de iniciativas, las cuales deberían contar como uno de los factores de entrada de las necesidades locales. La parte técnica puede estandarizarse, pero la viabilidad de la solución dependerá de qué tan involucrada esté la comunidad en el desarrollo del proyecto. El tener proyectos de este tipo, agilizaría, en muchos casos, la implementación de la solución en diferentes zonas aisladas del país.

V. Conclusiones

Este proyecto tuvo el chance de diseñar e implementar una microrred en una región aislada del país. El proceso, que tomó más de tres años, desarrolló desde la ingeniería básica hasta la de detalle y su posterior implementación, gracias a recursos que se obtuvieron por el tridente empresa-universidad-estado, lo que demuestra los beneficios de las asociaciones estratégicas. La solución propuesta contó con un diseño participativo, en el cual la comunidad explicó claramente cuáles eran sus necesidades comunes más importantes, y a partir de ello se modificó, en diversas ocasiones, el diseño. Gracias a una buena implementación acompañada de diálogo permanente con la comunidad, los habitantes disponen hoy de un conocimiento ligado al uso racional de la energía. El propósito era que los habitantes tuviesen

más holgura en la solución, pero limitantes económicas impidieron que esto se lograra.

Ahora, el reto está en la operación y mantenimiento del sistema. Se espera que en este año que se tiene la oportunidad de hacer el seguimiento al proyecto, se puedan incluir otros detalles como la parte de monitoreo remoto y sintonización de parámetros para un mejor funcionamiento del sistema. A su vez, es menester comenzar a crear más lazos con actores locales para que exista una red de apoyo con determinada misionalidad social y cultural, como puede ser, por ejemplo, la academia local, quienes cuentan además con capacidades técnicas para apoyar la sostenibilidad futura de aquellas soluciones técnicas implementadas. Esta red de apoyo conformada por academia, sector público y empresa privada podría implicar una reflexión sobre el papel que cumplen los actores relevantes que la llegasen a conformar, y cómo desde su rol se configuran sus intereses, sus acuerdos y compromisos.

Finalmente, sería importante que el país se concientizara del valor que tienen la unión entre el estado, la academia y la industria para poder generar más soluciones que puedan permitir que ciertas zonas olvidadas del país puedan mejorar gracias a la generación de energía, la cual podría, por el valor que tiene al ser un servicio transversal, servir incluso para soluciones como agua potable, vital para mejorar la calidad de vida de nuestros conciudadanos.

VI. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por ISAGEN, Acuerdo Específico 3, Solución Energética Piloto, La Guajira. En el marco de este trabajo, además de los autores, varias personas colaboraron en diferentes aspectos durante el desarrollo del proyecto. A ellos, es pertinente agradecer el trabajo realizado: J.Rodríguez, D.Calpa, A.Gutiérrez, J.Jiménez, J.Rojas, A.González, P.Duarte, A.Pinilla, J.Chitiva, R.Bustamante, V.Castro, J.Méndez, L.Posada, C.Silva (Senergysol), P.Martínez, J.González (SunColombia). Finalmente, los autores quisieran agradecer a A.García por la invitación a participar en el evento, así como a A.Pinilla y los revisores por los comentarios otorgados que enriquecieron la redacción y presentación del documento. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PNUD-ANH, «Estrategia Territorial para la Gestión Equitativa y Sostenible del Sector Hidrocarburos: Diagnóstico Socioeconómico del Departamento de La Guajira,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.anh.gov.co/Seguridad-comunidades-y-medio-ambiente/SitioETH-ANH29102015/como-lo-hacemos/ETHtemporal/DocumentosDescargarPDF/1.1.2%20%20DIAGNOSTICO%20GUAJIRA.pdf>
- [2] IPSE, «Plan de Energización Rural Sostenible (PERS),» [En línea]. Available: http://www.ipse.gov.co/pages/ipse/Informe_PERS_Dirección1.pdf.
- [3] PERS Guajira, «PERS Guajira,» [En línea]. Available: <http://persguajira.corpoguajira.gov.co>
- [4] S. Parhizi, H. Lotfi, A. Khodaei y S. Bahramirad, «State of the Art in Research on Microgrids: A Review,» IEEE Access, pp. 890-925, 2015.
- [5] G. A. Jiménez-Estévez, R. Palma-Benhke, D. Ortiz-Villalba, O. N. Mata y C. S. Montes, «It takes a village: social SCADA and approaches to community engagement in isolated microgrids,» IEEE Power and Energy Magazine, pp. 60-69, 2014.
- [6] Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID), «Experiencias para construir futuro. Programa de energía limpia para Colombia 2012-2017,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.ccep.co/attachments/article/463/USAID%20CCEP%201-%20Experiencias%20para%20construir%20futuros.pdf>.
- [7] Princeton Power Systems, «Annobon Island Microgrid,» Septiembre 2015. [En línea]. Available: http://www.princetonpower.com/images/casestudies/pdfs/Annobon_CaseStudy_Septembert2015.pdf.
- [8] The Beam, «In Africa, microgrids are changing people's lives. Medium,» 2017. [En línea]. Available: <https://medium.com/thebeammagazine/microgrids-are-building-a-better-future-for-populations-in-remote-areas-46d06b0c9966>.
- [9] C. Alvial-Palavicino, N. Garrido-Echeverría, G. Jiménez-Estévez, L. Reyes y R. Palma Behnke, «A methodology for community engagement in the introduction of renewable based smart microgrid,» Energy for Sustainable Development, pp. 314-323, 2011.
- [10] Senergysol, [En línea]. Available: <http://senergysol.com.co>
- [11] SunColombia, [En línea]. Available: <http://www.suncolombia.com>
- [12] ASOPAGUA, «Estudio de caracterización social de las zonas de interés G (Maicao) e I (Manaure) para el desarrollo de proyectos de generación eólica por parte de ISAGEN en el departamento de La Guajira,» 2010.
- [13] Akrich, M., Callon, M., Latour, B., & Monaghan, A., «The Key to Success in Innovation Part I: The Art of Interestement,» de International Journal of Innovation Management, 2002a, p. 187-206.
- [14] Akrich, M., Callon, M., Latour, B., & Monaghan, A., «The Key to Success in Innovation Part II: The Art of Interestement,» de International Journal of Innovation Management, 6(2), 2002b, p. 207-225.
- [15] Avelino, F., «Empowerment and the challenge of applying transition management to ongoing projects,» de Policy Sciences, 42(4), 2009, p. 369-390.
- [16] Debnath, K.B. Mourshed, M. Kheong Chew, S.P., «Modelling and forecasting energy demand in rural households of Bangladesh,» School of Engineering, Cardiff University., 2015.
- [17] Mandelli, S. Merlo, M. Colombo, E., «Novel procedure to formulate load profiles for off-grid rural areas,» Department of Energy, Politecnico di Milano., 2015.
- [18] Centre for Sustainable Energy, United Kingdom, «How much electricity am I using?,» [En línea]. Available: <https://www.cse.org.uk/advice/advice-and-support/how-much-electricity-am-i-using>
- [19] J. M. Morales, M. Zugno, S. Pineda y P. Pinson, «Redefining the merit order of stochastic generation in forward markets,» IEEE Transactions on Power Systems, vol. 29, n° 2, pp. 992-993, 2014.
- [20] M. Zhou, S. Xia, G. Li y X. Han, «Interval optimization combined with point estimate method for stochastic security-constrained unit commitment,» International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 63, p. 276-284, 2014.
- [21] A. Kargarian y Y. Fu, «Spider area-based multi-objective stochastic energy and ancillary services dispatch,» in Proceedings of the 2014 Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), p. 1-5, 2014.
- [22] A. Kargarian, B. Falahati y Y. Fu, «Stochastic active and reactive power dispatch in electricity markets with wind power volatility,» in Proceedings of the 2012 Power and Energy Society General Meeting, p. 1-7, 2012.
- [23] Y.-Y. Lee y R. Baldick, «A frequency-constrained stochastic economic dispatch model,» IEEE Transactions on Power Systems, vol. 28, n° 3, p. 2301-2312, 2013.
- [24] J. J. Hargreaves y B. F. Hobbs, «Commitment and dispatch with uncertain wind generation by dynamic programming,» IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 3, n° 4, pp. 724-734, 2012.
- [25] A. Zakariazadeh, S. Jadid y P. Siano, «Smart microgrid energy and reserve scheduling with demand response using stochastic optimization,» International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 63, p. 523-533, 2014.
- [26] C. E. Murillo-Sánchez, R. D. Zimmerman, C. L. Anderson y R. J. Thomas, «Secure planning and operations of systems with stochastic sources, energy storage, and active demand,» IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 4, n° 4, pp. 2220-2229, 2013.
- [27] M. D. Ilic, L. Xie y J. Y. Joo, «Efficient coordination of wind power and price-responsive demand part I: Theoretical foundations,» IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, n° 4, pp. 1875-1884, 2011.
- [28] C. Kim, Y. Gui, C. C. Chung y Y. C. Kang, «Model predictive control in dynamic economic dispatch using weibull distribution,» in Proceedings of the 2013 IEEE Power Energy Society General Meeting, pp. 1-5, 2013.
- [29] J. P. Torreglosa, P. García, L. M. Fernández y F. Jurado, «Energy dispatching based on predictive controller of an off-grid wind turbine/photovoltaic/hydrogen/battery hybrid system,» Renewable Energy, vol. 74, pp. 326-336, 2015.
- [30] M. A. Velásquez, O. Torres-Pérez, N. Quijano y A. Cadena, «Hierarchical dispatch of multiple microgrids by using nodal,» To appear Journal of Modern Power and Clean Energy, 2019.
- [31] M. A. Velásquez, J. Barreiro, N. Quijano, A. Cadena y M. Shahidehpour, «Distributed Model Predictive Control for Economic Dispatch of Power Systems,» To appear International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2019.
- [32] M. A. Velásquez, J. Barreiro, N. Quijano, A. Cadena y M. Shahidehpour, «Intra-Hour Microgrid Economic Dispatch Based on Model Predictive Control,» To appear IEEE Transactions on Smart Grid, 2019.



Foto: CCEP/USAID. Fotógrafo: Hanz Rippe.

SOL DE LA GUAJIRA, POTENCIAL RECURSO NATURAL PARA EL DEPARTAMENTO

Sunlight in La Guajira, a potential natural resource for the Department

Con la implementación de sistemas de bombeo de agua, a través de energía solar fotovoltaica, La Guajira busca sacar provecho de sus condiciones climáticas.

Sus altas temperaturas y sus bajas precipitaciones han provocado que el departamento de La Guajira experimente serios problemas de abastecimiento de agua. A lo largo de los años, esta situación se ha convertido en una de las mayores dificultades para sus habitantes quienes, debido a estos largos periodos de sequía, registran una baja producción agropecuaria que genera la escasez de alimentos, y dificulta el acceso a otros servicios sociales básicos.

Por décadas, la población de la mayoría de rancherías guajiras ha dependido de la extracción manual de agua en pozos artesanales para el consumo humano y de sus numerosos animales, que son básicos para su nutrición y economía familiar. En algunos casos, la extracción era asistida por molinos de viento que se instalaron a partir de los años 50, pero con el desmonte de la empresa pública encargada de su costoso mantenimiento llevan muchos años sin operar. Aunque los pozos aún tienen agua, el tiempo y esfuerzo físico humano involucrado en la búsqueda y consecución del líquido interfiere con el desarrollo comunitario.

Pese a que el inclemente sol guajiro ha sido una de las barreras para el desarrollo del departamento, la

implementación de iniciativas como el Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP), por sus siglas en inglés, financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), en esta región del país, podrían convertir esta fuente de energía en un potencial recurso natural para La Guajira.

Este Programa, que se implementó entre 2012 y 2017 logró, entre muchos de sus avances, desarrollar diferentes proyectos de energías renovables. Entre estas iniciativas se destaca la implementación de sistemas de bombeo de agua, ya sea a través de energía solar fotovoltaica o de bombeo mecánico asistido (bicibombas), que han beneficiado a más de 2.300 personas y a cerca de 5.000 animales.

El proyecto de bombeo de agua desarrollado por CCEP buscó introducir y consolidar tecnologías de sencilla operación y mantenimiento, al alcance de las comunidades, y sin dependencia de asistencia técnica especializada externa. Contó, además, con el apoyo de la Fundación Cerrejón Guajira Indígena (FCGI). Para los pozos más profundos y con mayor población para atender se optó por sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de agua en tanques elevados¹.

1. En este caso no se almacena energía en baterías para usos eléctricos, sino agua en tanques para consumo humano, pecuario y, en algunos casos, riego por goteo de cultivos agrícolas.



El proyecto de bombeo de agua desarrollado por CCEP buscó introducir y consolidar tecnologías de sencilla operación y mantenimiento al alcance de las comunidades.

Para comunidades más pequeñas y pozos preferentemente menores a 20 metros de profundidad, se adaptaron bombas de lazo con operación dual, manual o por bicicleta estacionaria (“bici-bombas”).

Una de las comunidades beneficiarias de este proyecto es la ranchería Kasumana, una población ubicada al norte del departamento y que hace parte del gran resguardo indígena de la Alta y Media Guajira.

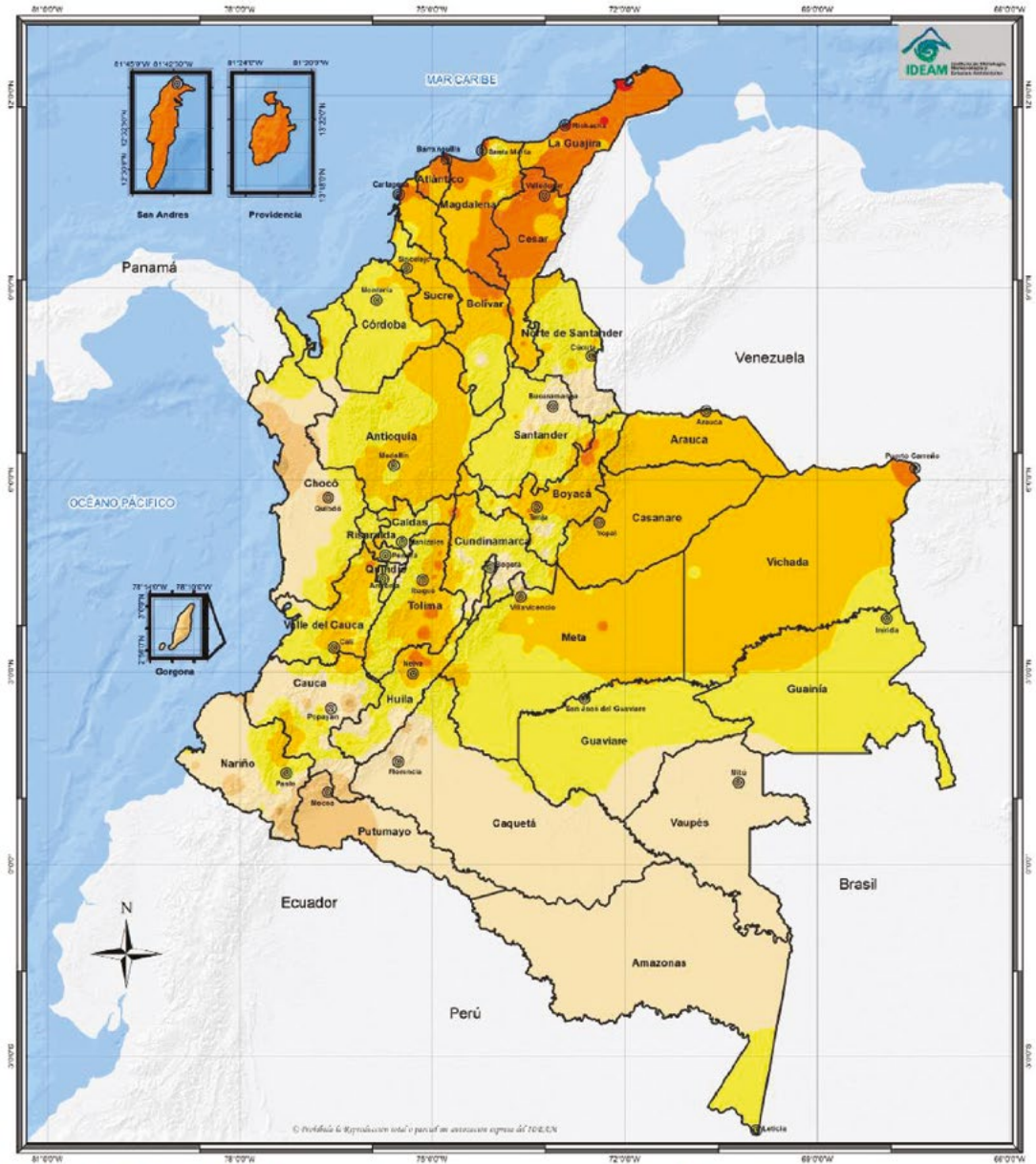
Los efectos del cambio climático

Durante la última década, La Guajira ha registrado periodos de sequía mucho más largos de los acostumbrados. El departamento incluso pasó de tener lluvias en tres periodos al año, a no registrar precipitaciones por casi 36 meses, debido principalmente a fenómenos climáticos como El Niño. De hecho, de acuerdo con el Plan de Desarrollo 2016 -2019 de la Gobernación de La Guajira, El Niño ha provocado, además, la reducción de las corrientes de agua que alimentan los pozos artesanales, la extinción de reservorios, la muerte de animales, y la pérdida de los cultivos; lo que ha generado un bajo consumo de alimentos y un incremento de la desnutrición y la mortalidad entre la población más vulnerable.

La fuerte y prolongada sequía de los últimos años ha generado que sus habitantes tengan que desplazarse hacia otros territorios para abastecerse del recurso hídrico, dificultando aún más sus condiciones socioeconómicas. Patricia García, líder de la ranchería Kasumana y rectora del Centro Etnoeducativo Rural Indígena Kasumana, quien participó durante el panel ‘Tecnologías para energización rural sostenible’ realizado en el marco del Foro de la *Revista de Ingeniería ‘Energía para un nuevo país rural’*, manifestó que la gente de su comunidad y de otras poblaciones vecinas tenía que desplazarse, junto con sus animales, más de 10 kilómetros para acceder a escasos 20 litros de agua, luego de hacer enormes filas, situación que los obligó a buscar nuevas alternativas de abastecimiento.

“Empezamos a tocar puertas para encontrar una solución a nuestra problemática, tarea que no fue nada fácil teniendo en cuenta que nuestra población, en particular, no hace parte de la zona de influencia de la operación del Cerrejón, lo que dificulta que se destinen recursos para subsidiar proyectos de este tipo”, señaló García.

Sin embargo, el tesón de esta líder indígena permitió que el CCEP incluyera a Kasumana entre los beneficiarios



Mapa 1. Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia. Irradiación Global Horizontal- Medio Diario Anual (2017). Fuente: Ideam.

 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIO DIARIO ANUAL REPÚBLICA DE COLOMBIA 2017	LEYENDA kWh/m ² /día 1.5 - 2.9 3.0 - 2.5 2.5 - 3.0 3.0 - 3.5 3.5 - 4.0 4.0 - 4.5 4.5 - 5.0 5.0 - 5.5 5.5 - 6.0 6.0 - 6.5 6.5 - 7.9	Convenciones ● Ciudades Principales Limites ~ Límite Departamental ~ Límite Internacional	Información de Referencia PROYECCIÓN: Conforme a UTM DATUM: WAGNER - SURSUD ORIGEN DE LA ZONA: 800074 COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 2° 39' 48.22" N, 77° 54' 35.288" W COORDENADAS PLANAS: 1900.000 metros Norte, 1900.000 metros Oeste Escala Colombia: 15.000.000 Escala San Andrés y Providencia: 1.000.000 Fuente: Grupo de Climatología y Agroclimatología Subdirección de Meteorología IDEAM Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Olga Cecilia González G.
	<small>© Prohibida la Reproducción total o parcial sin autorización expresa del IDEAM</small>		



Antes del proyecto desarrollado por CCEP en la rancharía Kasumana sus pobladores tenían que desplazarse, junto con sus animales, más de 10 kilómetros para acceder a escasos 20 litros de agua.

del proyecto de energías renovables desarrollado en alianza con la FCGI y 38 comunidades Wayúu, iniciativa que permitió implementar sendas soluciones de energía limpia que, de acuerdo con el Programa, han mejorado el acceso al agua, además de facilitar la siembra de cultivos en tierras que antiguamente eran completamente desoladas.

Específicamente, en Kasumana se instaló una bomba sumergible para obtener agua de un pozo artesiano, de 36 metros de profundidad, y abastecer tres tanques de 5.000 litros. La bomba funciona mediante dos paneles solares de 250 Wp cada una. García señaló que además de beneficiar a las 11 familias que constituyen la población de la rancharía, y brindar energía al plantel educativo que reúne a 130 estudiantes de primaria y a más 70 niños de 1 a 4 años que pertenecen al programa pre-escolar de "Cero a Siempre", la tecnología de bombeo solar ha permitido que otras poblaciones aledañas puedan acceder al recurso hídrico favoreciendo a más de 500 personas y cerca de 1.000 animales.

Energía para todos

El reemplazo del trabajo humano que por años fue empleado por la comunidad para el bombeo del agua de sus pozos artesianos, por paneles solares, le permitió a Kasumana identificar otros posibles usos de la energía fotovoltaica. Fue así que Patricia García y su comunidad pudieron acceder a otro proyecto del CCEP que benefició a 3.309 personas en cinco centros etnoeducativos. Se trató de la entrega de sistemas fotovoltaicos y de refrigeración solar para los municipios de Uribia y Maicao. A través de este proyecto, se instalaron seis paneles solares adicionales para conectar la sala de informática del centro etnoeducativo de la población, lo que permitió ampliar la cobertura de beneficiarios de este servicio, y otros cuatro paneles para iluminar su comedor escolar, además de un video beam y un televisor para presentar películas educativas y un refrigerador/congelador para la conservación de carnes, frutas y verduras para la alimentación escolar.

El sistema de bombeo solar fotovoltaico implementado en la ranchería indígena Kasumana benefició a más de 500 persona y cerca de 1.000 animales.



“Esta sala de informática es un esfuerzo de la comunidad, pues la construimos con nuestros propios recursos y fue dotada con equipos que nos entregó el programa ‘Computadores para educar’ del Gobierno nacional y con otros computadores portátiles que donó, también, el CCEP. Sin embargo, la falta de energía eléctrica solo nos permitía usar seis o siete equipos que lográbamos conectar gracias a una planta de 2.500 vatios. Hoy, con la implementación de los paneles solares, 25 niños pueden trabajar en la sala de manera individual”, añadió la líder indígena.

Al referirse a los beneficios de contar con energía permanente para emplear los computadores, que les fueron suministrado sin tener en cuenta que no disponían de electricidad en la ranchería, comentó “no es lo mismo enseñarles teóricamente que cuando el niño puede palpar y conocer directamente. Es diferente cuando aprende a prender y manejar los equipos, investigar y, de pronto, escribir un documento. En este caso están aprendiendo en la práctica.

Desde que disponen del sistema fotovoltaico, los niños han aprendido a hacer investigación, escribir documentos y realizar dibujos en los computadores, quitándoles el miedo a la tecnología y preparándolos para integrarse, más adelante, a sistemas educativos urbanos”.

Para García, las condiciones climáticas de La Guajira deben ser aprovechadas para desarrollar más proyectos de este tipo, con los que se mejorarían las condiciones sociales y económicas de sus poblaciones. Existe, por ejemplo, la posibilidad de incrementar la producción agropecuaria, lo que garantizaría la seguridad alimentaria de las comunidades. “Nuestras poblaciones son tan conscientes de esto, que están dispuestas a apoyar con recursos propios y mano de obra el desarrollo de estas iniciativas. Una de las opciones es empezar a pagar por el suministro de estos servicios y, de esta manera, lograr que los proyectos sean sostenibles en el largo plazo”, concluyó García. ●



Conozca el proyecto de energía solar implementado por el CCEP en La Guajira.



SISTEMAS SOLARES PREPAGO: LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA AFRICANA PARA EL MUNDO

Prepaid solar systems: the African energy revolution for the world

José Eddy Torres

Editor invitado, experto en energización rural sostenible.
Contacto: jeddytorres@msn.com

Según estadísticas de la Off-Grid Solar Energy Industry Association (GOGLA), que es el gremio de empresas dedicadas a la promoción y venta de sistemas solares en zonas no interconectadas a nivel mundial, en el año 2018 se adquirieron 5,88 millones de sistemas solares en efectivo en zonas no interconectadas, más 1,68 millones de sistemas solares prepago, para un total de 7,56 millones con un valor de USD \$482,57 millones¹.

Un 73% de estos sistemas fueron lámparas portátiles de menos de 3 Wp (generalmente con capacidad de recarga de celulares), 16% son sistemas de 3 a 10 Wp de múltiples lámparas y 12% son sistemas domiciliarios (SHS) más completos, de 11 a más de 100 Wp. Con estas ventas de particulares a particulares, se completaron 108 millones de hogares con acceso a iluminación solar de mejor calidad, eliminando el uso de millones de mecheros de kerosene, y ahorrando USD \$9.100 millones en gastos de combustibles fósiles y 58,4 millones de m³ de CO₂ equivalente de emisiones durante la vida útil de estos equipos. El 94% de las ventas del año pasado se realizaron en África y la región Asia-Pacífico, con el exiguo saldo en las Américas.

Con el siguiente artículo “Creemos que podemos cambiar el mundo”, transcrito de la conferencia presentada en el Foro de la *Revista de Ingeniería 'Energía para un nuevo país rural'* por el vicepresidente de Angaza Design, se busca abrir el debate sobre por qué una tecnología y mecanismo financiero que está revolucionando

el acceso a energía en África y el Pacífico no ha hecho incursión relevante en Colombia; si no hay mercado o emprendedores capaces de distribuir este tipo de sistemas; o si simplemente nuestra institucionalidad y regulaciones fueron creadas y operadas a semejanza solamente de los mercados urbanos interconectados.

Esto no es una solución completa de electrificación, sino un gran avance hacia la pre-electrificación. Y puede ser el camino que deberá seguir el planeta para garantizar el acceso a energía asequible, fiable, sostenible y moderna para la totalidad de la humanidad en menos de 11 años (a 2030), como reza el ODS # 7. En Colombia, menos del 70% de las viviendas rurales son atendidas por el Sistema Interconectado Nacional (SIN), y la penetración de estos equipos prepago se podría constituir en una solución alternativa o complementaria para la masificación de aplicaciones solares en el campo colombiano, incluyendo sistemas de bombeo solar para riego y para piscicultura de ladera. La revolución de los sistemas solares prepago se hace viable por la otra revolución anterior – la cobertura prácticamente universal de telefonía móvil. Según datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) al tercer trimestre de 2017 existían 60,8 millones de líneas de telefonía móvil, de los cuales unos 48,3 millones correspondían a telefonía prepago. Si en el país existen mecanismos para comprar minutos por esos millones de usuarios, existe la infraestructura socio-empresarial para pagar sistemas solares prepago.

1. Reportes semestrales de ventas desde 2015 se encuentran disponibles en <https://www.gogla.org/global-off-grid-solar-market-report>

“CREEMOS QUE PODEMOS CAMBIAR EL MUNDO”: WESLEY KADING

“We believe we can change the world”: Wesley Kading

Wesley Kading

Vicepresidente de Angaza Design, Estados Unidos.
Contacto: wesley@angazadesign.com

Con un modelo innovador que se apalanca de la tecnología para hacer asequibles bienes que cambian vidas, la empresa Angaza Desing permite que personas en los mercados emergentes, incluso las que viven con menos de US\$2 por día, puedan tener acceso a energías alternativas como sistemas solares para el hogar, estufas limpias y bombas de agua, entre otros productos. Wesley Kading, vicepresidente de la compañía, uno de los invitados internacionales al Foro de la *Revista de Ingeniería ‘Energía para un nuevo país rural’*, nos cuenta cómo opera su plataforma y cómo esta herramienta ha logrado convertirse en una opción energética para continentes como África.

Verdaderamente creemos que podemos cambiar el mundo. Y para poder lograrlo debemos asociarnos con algunos de los distribuidores y fabricantes más innovadores y emprendedores alrededor del planeta. Como señala el video del enlace*, desde hace muchos años, la gente ha podido pagar por adelantado el costo del queroseno, pero no podía pagar el costo de una lámpara solar. En Angaza vimos una brecha aquí. No somos una compañía manufacturera, no somos una compañía de hardware. Encontramos una manera de hacer accesible estos bienes que cambian vidas a cualquier persona, en cualquier lugar. Y efectivamente eso es lo que hacemos. Hemos creado la tecnología que le permite a las empresas alrededor del mundo hacer que estos bienes transformadores estén disponibles

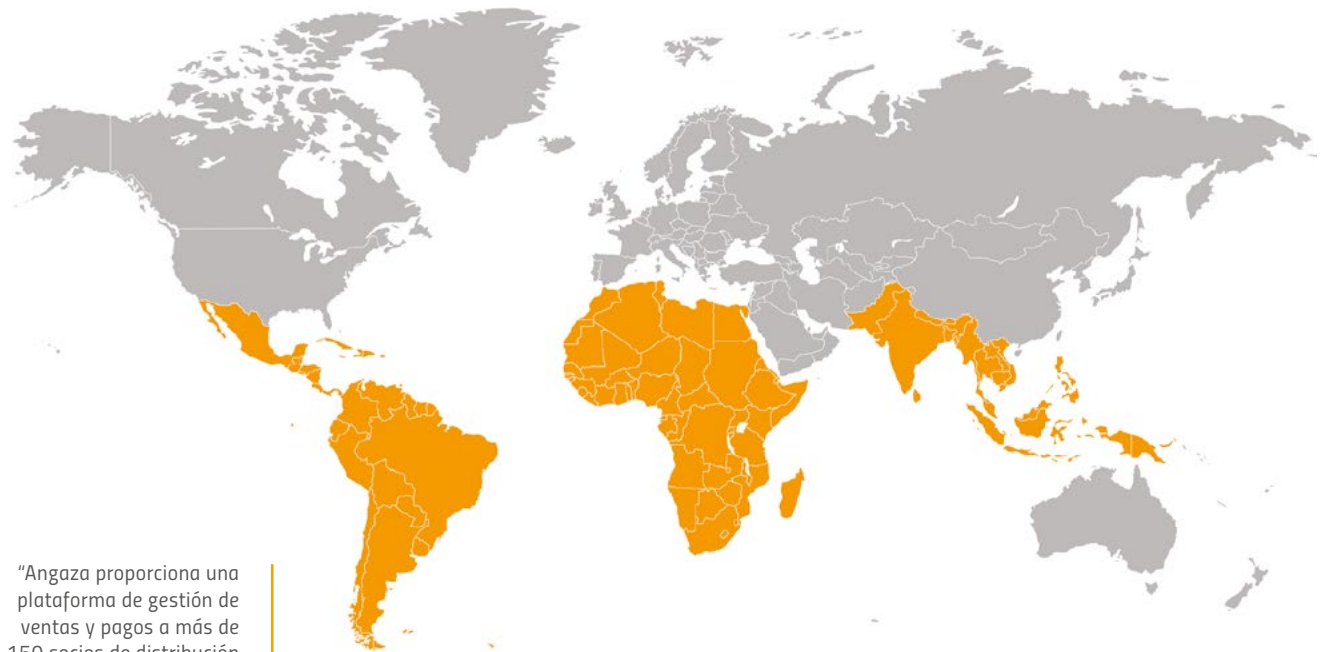
para cualquier persona, donde quiera que esté, a través de nuestra plataforma de pago por uso.

Ahora, el mercado africano es solo un pequeño subconjunto de lo que realmente está disponible a través de esta tecnología en el mundo. Si pensamos en cómo funcionan nuestros pagos de teléfono celular, la compra de bloques de datos o bloques de mensajes SMS que utilizamos hasta que se agoten, y que luego tenemos que recargar, muy similar a esto es, exactamente, como funciona la plataforma Angaza.

Trabajamos con nuestros distribuidores de la última milla para llevar estos productos a los usuarios finales, también llamados clientes, quienes pagan este dinero



*Vea cómo funciona la iniciativa de Angaza Design en el mundo.



"Angaza proporciona una plataforma de gestión de ventas y pagos a más de 150 socios de distribución en todo el mundo".
Fuente: Angaza.

móvil en algún momento, en algunas ocasiones través de efectivo a sus agentes que existen en nuestra plataforma. Nuestro software permite a los distribuidores identificar quién es un buen cliente, o cuántas personas están cerca de pagar su producto final para que efectivamente puedan comprar más.

Y no estamos limitados solo a un tema de lámparas solares. Hacemos de todo, desde estufas de cocción hasta ventiladores, sistemas solares domésticos, televisores, radios e incluso bombas de agua solares. Tenemos la capacidad, a través de nuestra tecnología, de integrarnos a cualquier tipo de producto que sea necesario en un mercado determinado. Lo que vemos es que los tipos de productos que se necesitan, por ejemplo, en Kenia, son diferentes de los que están disponibles o se necesitan en Zimbabwe. Un empresario agrícola no necesitará tantas luces solares, pero definitivamente requerirá una bomba de agua solar para evitar la quiebra durante una sequía.

La capacidad que tenemos para integrarnos a computadoras portátiles o incluso a teléfonos

inteligentes hace que los estudiantes de las universidades puedan ahora, acceder a internet y escribir informes. Todo a través de nuestro proceso de pago por uso. Un gran ejemplo de esto ocurre en Zimbabwe, donde las universidades – como parte de la matrícula – pagan cada mes para mantener las computadoras portátiles activadas para cada estudiante, siempre y cuando sigan asistiendo. Esto es algo que nunca antes se había podido hacer, y estamos hablando de miles de estudiantes alrededor del país y en varias universidades.

Algo similar ocurre con los hospitales, donde los empleados a menudo no cuentan con los recursos necesarios para poder pagar por adelantado un sistema específico de energía solar domiciliar o una lámpara solar, porque simplemente no tienen suficiente efectivo disponible, pero sí cuentan con efectivo para realizar pagos a lo largo de 10, 12, y a veces 24 meses. Y nosotros podemos personalizar estos períodos de recuperación y personalizar con qué productos terminan trabajando a través de nuestra plataforma y nuestro sistema.

Datos de dispositivos inteligentes

Angaza trabaja con sus socios de fabricación para garantizar una telemetría confiable a nivel de dispositivo que supervise e informe los datos valiosos del sistema. Para los dispositivos solares, esa información incluye las cuatro variables esenciales relacionadas con el rendimiento del dispositivo.



Voltaje del panel solar: esta medida indica la cantidad de energía solar disponible.



Corriente del panel solar: señala cuánta energía solar se está utilizando para cargar la batería.



Voltaje de la batería: indica cuánta energía se ha almacenado y está disponible para ser utilizada.



Corriente de descarga de la batería: esta medida señala cuánta energía está utilizando el cliente.

Fuente: Angaza.

Esto se vuelve increíblemente beneficioso para las personas que no tienen el dinero que necesitan para realizar pagos por adelantado. La cantidad de mercados fuera de la red es bastante enorme, ya sea en África, Asia o Sudamérica, y estamos realmente entusiasmados con el potencial que hemos visto aquí en Colombia y el resto de la región, incluyendo México y Honduras, donde ya contamos con distribuidores.

Lo más sorprendente de esto para mí, es que casi cualquier persona puede convertirse en un distribuidor. En aldeas remotas, donde sus habitantes pueden ordenar unidades y luego venderlas a sus vecinos, allí las vidas cambian. Y si alguna vez has visto a alguien encender una bombilla por primera vez, alguien que ha estado quemando queroseno durante toda su existencia, es un cambio absoluto. No solo ayuda a su salud, sino que también limita la cantidad de contaminación que efectivamente existe en el medio ambiente. Las enfermedades disminuyen, en especial las pulmonares porque ya no queman o trabajan con este combustible.

En la actualidad, Angaza está en unos 50 países con 150 clientes-distribuidores, y continúa su expansión. El 80% de ellos está en África porque tiene muchos de los requisitos necesarios, como un gran mercado fuera de la red, integraciones de dinero móvil y muchas personas que potencialmente tienen ingresos mensuales que pueden justificar un pago hacia un sistema solar. Tenemos más de 10.000 usuarios de la plataforma.

Ahora, esos usuarios se dividen en agentes de ventas, administradores, a menudo agentes de centros de atención de llamadas. Nuestros distribuidores más exitosos tienen una gran cantidad de agentes de ventas en su plataforma que utilizan el Angaza Activator, que no es más que una simple aplicación que descargan, y que les permite realizar una venta allí mismo, en cualquier aldea, casi en cualquier lugar. Pueden registrar el tipo de pago o la estructura de préstamo en la que se encuentran e identificar qué tipo de unidad están utilizando. Pueden, además, activar el sistema del cliente final, que ahora tiene una lámpara solar, y saber que tiene que pagar US\$10 o US\$2 o cualquier monto que sea por mes hasta que termine de pagarlo.

Luego, se activa nuestro sistema de SMS y, cuando vence el plazo de pago, les envía un recordatorio. Cuando envían el pago, reciben un código de confirmación que pueden ingresar fácilmente, dependiendo del tipo de unidad. También pueden hacerlo desde elementos sin medidor, donde no necesariamente necesitan un código clave para ser ingresado, o una unidad GSM. Nuevamente, podemos integrarnos con diferentes tipos de tecnologías.

A partir de esto, y en solo los últimos dos años, hay unos 5 millones de personas que hoy ya no dependen del queroseno. Es un gran acontecimiento.

Ahora, ¿cómo es esto tan diferente? Porque todos hemos usado diversos sistemas de prepago en el pasado o en algún grado de ellos. Pues nuestra plataforma está enfocada en el software. Comenzamos con la fabricación hace años y eso no duró mucho. No estamos interesados en ser fabricantes, estamos muy interesados en ayudar a los distribuidores y asociarnos con fabricantes para dar vida a sus productos y hacerlos más disponibles.

Hacemos estas integraciones profundas con cualquier hardware que esté disponible afuera. No estamos limitados; puede ser cualquier tipo de producto. Por lo tanto, si un área específica necesita algo particular, podemos hacerlo disponible, y lo hemos hecho con diferentes fabricantes. Tenemos un equipo completo dedicado a inscribir a estos nuevos fabricantes para averiguar qué productos están tratando de vender, ya sea algo tan simple como una luz solar, que es muy pequeña, hasta un televisor que tiene un sistema de energía solar en la parte posterior de la misma. La gama de productos es bastante grande.

Luego, entramos a habilitar las soluciones de pago de dinero móvil, que es un obstáculo muy grande para ingresar a estos mercados, ya que no todos cumplen con los requisitos para obtener un crédito, o una cuenta bancaria. Pero muchos tienen dinero móvil y pueden transferir esos recursos y obtener acceso a estos bienes que cambian vidas.

Tenemos personalizaciones flexibles, por lo que podemos cambiar cualquier cosa en 20 idiomas. Además podemos personalizarlo por distribuidor para satisfacer las necesidades de cualquier área local. En realidad, esta flexibilidad se convierte en una de las piezas más importantes de toda esta plataforma. Si tuviéramos un producto en una plataforma para todos, estaríamos muy muy limitados. Como pueden imaginar, los deseos de alguien en Colombia son muy diferentes a los de alguien en Kenia. Lo que necesita o está buscando alguien en Asia es completamente diferente a los requerimientos de alguien en Honduras. El tipo de productos, el tipo de clientes, los períodos de pago, este tipo de cosas – basados en el ingreso disponible que tienen para gastar en los productos que están disponibles.

Y luego, por supuesto, creemos en un enfoque de alta atención al cliente. Una de las cosas en las que nos centramos realmente es hacer un muy buen trabajo, en estar en contacto con nuestros distribuidores, que son nuestros clientes. Nos aseguramos de que no solo estén bien atendidos, sino que sus clientes también lo estén. Porque para nosotros no es solo cuestión de montar una plataforma a nuestros distribuidores; queremos asegurarnos de que tengan mucho éxito. Queremos que los beneficios de esos convenios colectivos o las asociaciones que formamos con nuestros distribuidores o clientes, así como las asociaciones que hacemos con los fabricantes, lleguen hasta el usuario final, al cliente o la persona que ahora tiene una lámpara solar. Debemos

trabajar todos juntos. De lo contrario esto simplemente no sucedería.

Una de las cosas más emocionantes para mí acerca de esta propuesta en particular, acerca de lo que estamos haciendo y cómo estamos cambiando vidas, es que no solo estamos electrificando de manera efectiva a personas y lugares que nunca antes fueron electrificados, sino que estamos creando oportunidad de negocios para miles de personas, ya sea los agentes de ventas, los agentes del centro de llamadas o los distribuidores, o las personas que poseen las redes de distribución, y que pueden ganar dinero y cambiar sus vidas. Todos los que se involucran en esto están abiertos a nuevas oportunidades, entre estos el fabricante, que ahora está produciendo con la tecnología habilitada de Angaza, y que son capaces de vender muchos más productos que antes.

Ser agnósticos al hardware nos permite tener una red de socios más amplia. Esto significa que no estamos amarrados al hecho de que tenemos un solo socio; nos encantaría que todos trabajaran con nosotros y que procesaran todas sus necesidades de fabricación con nosotros y pasaran por el proceso habilitador de Angaza. Nuestro enfoque en el cliente nos permite asociarnos con un ecosistema y con todo el mundo, y aceptar esas múltiples modalidades de pago refleja la diversidad del mercado. Esto porque en África y América del Sur hay varias monedas, hay diferentes formas de pagar por las cosas. Tenemos que ser flexibles, debemos ser ágiles y estar dispuestos a aceptar este tipo de cosas, que de otra manera serían imposibles de hacer.

Y luego, por supuesto, debemos hablar sobre la digitalización de nuestro negocio. Al utilizar esa plataforma, podemos hacer un seguimiento del inventario que está disponible para nuestros distribuidores, y de la rapidez con que las personas pagan sus sistemas solares de energía doméstica, e identificar qué tipo de cliente terminan siendo, de manera efectiva.

Ser capaz de evaluar la solvencia crediticia de un individuo, en particular, es un gran beneficio. Si puede pagar su sistema de energía solar a tiempo o incluso antes, es probable que ese mismo distribuidor salga y le ofrezca algo más, ya que saben que será una persona confiable; esto crea un vínculo entre el distribuidor, el agente de ventas y el usuario final. Todos continúan trabajando juntos.

El impacto de Angaza



Ilustración 1. El impacto de Angaza en el mundo.

"Angaza está revolucionando la distribución de productos al eliminar las barreras de precios iniciales, permitiendo a mil millones de consumidores en los mercados emergentes pagar por productos que cambian vidas, en cantidades asequibles".
Fuente: Angaza.

Podemos analizar enormes cantidades de datos valiosos en torno a los pagos, a sus frecuencias, sobre aquellos que no devuelven el pago a sus sistemas. Y, si no lo hacen, lo que sucede es que la unidad simplemente se apaga y son inútiles. Por lo tanto, existe un incentivo real para que estas personas no solo mantengan la lámpara, sino que también mantengan su solvencia crediticia y paguen sus unidades de una manera muy ordenada.

Y al utilizar el sistema, nuestros distribuidores pueden vender más y escalar. Hemos visto a distribuidores que comienzan con 50 a 100 unidades y en menos de un año han vendido de 1.000 a 10.000 unidades, dependiendo de su red, lo que les brinda mucha más prosperidad de lo que realmente podrían haber imaginado cuando ordenaron las primeras unidades. Estamos viendo a diferentes gobiernos involucrarse para financiar estos proyectos porque se dan cuenta de que es mucho más escalable que tener que salir y colocar paneles solares en cada aldea, y que luego realmente no mantendrán, porque sería muy costoso para ellos. En este momento, están disponibles diferentes formas de financiación, ya sea a través de entidades privadas o públicas que permiten a los distribuidores comenzar.

Lo que todos deben saber sobre Angaza contado por Wesley Kading

¿Cómo se pagan los paneles? El fabricante crea el producto con la tecnología Angaza Enable incorporada; el distribuidor compra los paneles que vienen con las lámparas solares, o Home Energy Systems; se enchufan y luego ese distribuidor los vende al cliente por un margen, puede ser el 20%, o lo que decida que es capaz de lograr. Entonces, el cliente final termina pagando

por la unidad, pero el distribuidor asume el riesgo; ellos toman el título o propiedad de esas unidades y luego las distribuyen.

¿Cómo asegura Angaza que una vez la persona recibe su unidad continuará pagando y no saldrá corriendo con el producto? Si no continúa pagando por la unidad, la luz no seguirá funcionando. La tecnología de la compañía, efectivamente, limita la cantidad de tiempo que trabaja el producto en función de cuánto pagan; por lo tanto, si deben US\$5 dólares al mes y pagan US\$5 dólares, esa luz funcionará durante un mes y luego se apagará. Si pagan US\$10 esa luz funcionará durante 2 meses, hasta que se pague por completo. Si deciden huir tendrán una unidad completamente inútil con ellos.

¿La gente intenta abrir la unidad para manipularla? Varias personas han intentado manipular las unidades y tenemos todo un equipo configurado para mitigar eso, por lo que, si algo se rompe, el equipo simplemente no funcionará.

¿Pueden trabajar con sistemas más grandes? No estamos limitados por el tamaño del sistema, en absoluto. Incluso trabajamos con motocicletas. Mientras que un fabricante de un sistema más grande pueda integrar nuestro firmware en su producto, entonces es completamente posible. Es solo una cuestión de seguir ese camino si quieren pasar por este proceso.

Una vez una persona termina de pagar su sistema, ¿qué pasa? El equipo continúa trabajando hasta que se rompa, que es un gran beneficio. Con el queroseno, una vez gastas el combustible, se fue. La lámpara no funciona más si no se reabastece. Pero cuando una lámpara solar

se ha terminado de pagar, algunas de estas funcionarán de 5 a 7 años. Algunos de los productos Angaza Enabled tienen garantía de 7 años.

¿Qué piensa del potencial y el tamaño del mercado en América Latina, cuando hay menos de 5% de viviendas no interconectadas? Mi percepción es que hay más de 5% no interconectadas. No estamos seguros de aceptar esa cifra; la razón para esto es que ya tenemos varios distribuidores en América del Sur. Pienso que el desafío inicial es el aspecto de la fabricación, obtener los productos correctos aquí, y que está siendo resuelto ahora por nuestros socios, y los fabricantes con los que trabajamos. A medida que eso se resuelva, el próximo desafío será el aspecto de la concientización para los distribuidores, que es nuestro trabajo, que es poder dar vida a esta posibilidad para los distribuidores en América Latina y que ya estamos empezando a ver en México, Honduras y otras partes. La gente sí está interesada en hacer esto, incluso aquí en Colombia.

En realidad, yo pienso que las condiciones de mercado son muy similares a otras regiones en el mundo. La retroalimentación que recibimos de nuestros distribuidores en América Latina es que la región está a punto de explotar con esta oportunidad, debido a la cantidad de clientes potenciales fuera de la red. Durante mucho tiempo, la gente vendía grandes sistemas solares a comunidades, ¿verdad? ¿Se les hizo mantenimiento una vez que se vendieron? No creo que el distribuidor volviera a preguntar cómo iba. Lo que estamos viendo es que esto se está convirtiendo en una verdadera oportunidad para los distribuidores, y el mayor desafío será el aspecto del dinero móvil y el tema de hacerlo sin medidor porque eso es lo que está requiriendo la gente, pagar en efectivo o directamente a través de los distribuidores.

¿Existen desafíos con el aspecto cultural en Colombia? Ciertamente, sí, pues hay aspectos culturales en cada país que tenemos que superar. Un ejemplo de esto es que en ciertas partes de África estamos vendiendo estufas de cocina. El mayor desafío con este producto es que la gente tiene un poco de miedo de que la comida no tenga el mismo sabor que cuando se cocina con leña o carbón vegetal. Es algo muy cultural, pues han estado cocinando con leña o con carbón toda su vida. ¿Cómo puede esta estufa hacer lo mismo? Bueno, se necesita

un poco de coraje y un poco de espíritu empresarial para superar eso, pero una vez que lo hacen, despegan. Claramente hay aspectos culturales entre cada uno de los grupos demográficos a los que servimos. No está exenta de desafíos, pero si vamos a cambiar el mundo, nadie dijo que sería fácil.

¿Tiene un precio estimado del kilovatio-hora y qué obtendrán las personas por ese kilovatio-hora? No tenemos una respuesta para eso porque no lo hemos rastreado de esa manera. No cobramos por kilovatio-hora, es una tarifa plana que pagan y es buena por 5, 7 o 10 años en algunos casos, por lo que sería microscópica en comparación. Y sí, eso es una diferencia cultural porque a veces sería a lo que están acostumbrados, en este caso a los kilovatios-hora.

¿Cómo hacen frente a las múltiples demandas de los diferentes tipos de sistemas de energía? El hecho de que seamos agnósticos al hardware nos permite integrarnos con todos los tipos de hardware. El tamaño de un sistema que se necesita en Kenia es diferente del tamaño de un sistema que se requiere en Sudáfrica, y todos tienen un sabor diferente. En ciertas partes de África, por ejemplo, los parlantes y los estéreos son súper populares, así que eso es algo con lo que nos estamos integrando, viendo que la gente quiere un sistema de energía en el hogar con radio. Así que surgen este tipo de desafíos y eso es lo que queremos ver, esto es, efectivamente, una escalera de crecimiento en la que las personas comienzan con una simple lámpara solar, luego se trasladan a un sistema de energía en el hogar, luego obtienen un televisor, luego una motocicleta o un estéreo, y su vida continúa cambiando y progresando de manera rápida.

¿Cómo se hace el mantenimiento? Eso es manejado por el distribuidor y el fabricante. A veces hay una garantía si hay un dispositivo defectuoso o lo que sea. Entonces el distribuidor lo recuperará y el fabricante se lo cambiará, por lo que es bastante fácil de resolver.

¿Se usa en los Estados Unidos? Bueno, lo uso en mi casa porque es más barato que encender una luz. Mi esposa piensa que estoy loco, pero le digo: mira funciona. Así que no tenemos un mercado masivo en los Estados Unidos. Nos enfocamos en cambiar las vidas de las personas que realmente lo necesitan. ●



BARRERAS REGULATORIAS Y ESQUEMAS EMPRESARIALES PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA RURAL

Regulatory barriers and business schemes for the development of rural energy

Ángela Inés Cadena Monroy

Profesora asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
Contacto: acadena@uniandes.edu.co

Durante el panel 'Barreras regulatorias y esquemas empresariales' desarrollado en el marco del Foro de la *Revista de Ingeniería 'Energía para un nuevo país rural'*, Leonardo Pérez Álvarez, gerente de Kastalia Energy S.A.; Jorge Valencia, experto de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG); Marcela Bonilla, asesora de la Dirección de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); Harold Valencia, profesor y representante legal de la Junta Administradora del Servicio de Energía (JASE) de Punta Soldado, Buenaventura; Ómar Serrano, gerente de la Compañía Eléctrica de Occidente (CEO) y Ruty Paola Ortiz, consultora, exsuperintendente y exviceministra de energía, nos dieron su punto de vista acerca de las actuales restricciones que tiene el sector de las energías alternativas, especialmente en el tema de regulación, y cómo pese a estas limitaciones existen iniciativas exitosas que, gracias a innovadores esquemas empresariales, han demostrado que es posible que comunidades rurales desarrollen proyectos sostenibles de energía para sus pobladores.

El primer invitado a nuestro panel, Leonardo Pérez, abordó las limitaciones para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), especialmente en temas de instalación y operación.

Tres de los problemas a tratar se refieren a dificultades de conexión, aspectos regulatorios y licenciamiento ambiental.

El gerente de Kastalia inició su exposición planteando los límites impuestos a pequeños desarrollos por la potencia instalada u otra denominación como no convencional y convencional, lo que dificulta que se avance más rápidamente en el "acceso suficiente a una infraestructura energética que solvente requerimientos técnicos necesarios para una tecnificación agropecuaria razonable e integral, que va más allá del problema de la cobertura y acceso al servicio" de un país rural. Los límites de potencia de 1 MW terminan exigiendo procesos de licenciamiento y de permisos muchas veces innecesarios y sobredimensionados para los impactos ambientales y sociales; y la definición de convencional para las PCH las excluye de acceso al financiamiento.

Leonardo señala que en el caso de la generación distribuida, algo que aún se puede ajustar fácilmente, su dificultad continúa siendo su limitación a 100 kW de potencia instalada. Nuestro invitado apela en su artículo desarrollado para la presente edición de la *Revista de Ingeniería*, a la utilización de criterios diferenciados



Ángela Inés Cadena Monroy,
profesora asociada del
Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Electrónica de la
Universidad de los Andes.
Foto: David Amado.

y flexibles en la expedición de normas técnicas de conexión y regulación económicas y ambientales que se adapten a los desarrollos tecnológicos en curso y que se realicen con la participación amplia de los diferentes actores involucrados en el suministro energético para el campo colombiano.

Por su parte, Jorge Valencia de la CREG responde las preocupaciones atinentes a la normatividad técnica y la regulación económica. Señala que es importante consultar y respetar la institucionalidad. Al respecto, en la corta entrevista realizada durante el panel, señala que el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE) debe estar atento a la implementación de las diferentes soluciones que se planteen y apoyen financieramente y a la definición de esquemas empresariales que garanticen un uso eficiente y sostenible de los recursos públicos.

El artículo ‘Recomendaciones para la reforma institucional del sector eléctrico para las Zonas No Interconectadas- ZNI, escrito por Ruty Paola Ortiz para esta edición de la revista, plantea que el sector requiere una entidad especializada con robustez técnica y eficiencia administrativa encargada de la estructuración y ejecución de proyectos viables. Ve que el IPSE, con una reestructuración adecuada puede cumplir esta tarea, partiendo de los esfuerzos que está haciendo la entidad para cumplir con los retos que el suministro de energía en zonas de bajos ingresos plantea.

En relación con el rol de la Comisión, Jorge Valencia manifiesta que esta entidad está abierta a las propuestas de iniciativas privadas o comunitarias y su intervención se limitaría a identificar niveles de inversión y/o de operación y mantenimiento eficientes como referencia para la asignación de recursos financieros o subsidios

a la oferta y a la demanda, y señala que ve necesaria la constitución de una empresa de servicios públicos si se quiere contar con estos recursos del Estado.

De nuevo, vale la pena referirse al artículo realizado por Ruty Ortiz, donde se menciona que cualquier solución individual de energía en las Zonas No Interconectadas (ZNI) concebida como servicio público domiciliario tiene por ley diferentes obligaciones: constituirse como sociedad anónima, inscribirse en el Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos, reportar periódicamente información a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, pagar contribuciones a la CREG, establecer una oficina para recibir las peticiones, quejas y reclamos de los usuarios y, obviamente, cumplir con el régimen de solidaridad en materia de subsidios y contribuciones. Es claro que los recursos del Estado deben asignarse a organizaciones formales, pero es necesario adecuarse a los nuevos desarrollos que posibilitan soluciones interesantes para poblaciones de escasos recursos como las *microgrids* y *Pay as you Go* presentadas en este conversatorio.

Antes de ilustrar una solución como la mencionada, Marcela Bonilla hace su participación sobre las dificultades de licenciamiento ambiental para pequeños desarrollos orientados al sector rural. Ella señala que se deben proponer soluciones creativas que vean la energía como un medio para mejorar la calidad de vida de las poblaciones más aisladas y no como un fin en sí misma, según lo planteado en la agenda 2030 de las Naciones Unidas y en varias de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Ejemplifica algunas propuestas y soluciones que se han concebido en áreas protegidas como los parques nacionales y que enseñan que *“a través de una mejor comprensión de los requerimientos, realidades ecosistémicas, soluciones tecnológicas disponibles, culturalmente aceptables, involucrando a las comunidades en su mantenimiento, haciendo que los privados se interesen en ser parte de estas soluciones,*

aprovechando los co-beneficios derivados, incluyendo los de soluciones menos intensivas en carbono y de resiliencia y adaptación a los fenómenos del clima, con el uso de recursos naturales renovables abundantes en ciertas regiones tales como el viento, el sol, el agua y la biomasa” se pueden implementar iniciativas energéticas para avanzar en la cobertura universal del servicio de energía en Colombia, especialmente en zonas rurales.

La intervención del profesor Harold Valencia comienza con la presentación del video “Buenaventura Solar” que describe el sistema híbrido solar-diésel-batería instalado en su isla, a través del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP, por sus siglas en inglés), en asocio con la empresa privada EPSA (actualmente CELSIA). Además de la novedad tecnológica que representa el sistema híbrido implementado en 2016 en esta comunidad del Pacífico, detallado en el artículo correspondiente de esta revista, el costo inicial se realizó sin inversión pública – solo con recursos de cooperación internacional, sector privado y comunidad – lo que permitió entregar la propiedad, operación y mantenimiento a la empresa comunitaria JASE constituida por los usuarios. Para asegurar el recaudo de los suficientes recursos para la operación, mantenimiento y reposición futura de componentes fungibles (baterías, inversores, etc.), se instaló un contador prepago en cada vivienda, cuyas tarjetas se recargan en la oficina de la JASE a razón de \$800/kWh, tarifa acordada por la misma comunidad. El sistema opera las 24 horas del día a partir de energía solar y baterías, exclusivamente, sin acudir a la planta diésel de respaldo. Este sistema es manejado desde 2016 por la empresa comunitaria, que recibió la capacitación administrativa, financiera y técnica para operar y mantener la planta generadora, la red domiciliaria y el modelo prepago, además de contrataciones de asistencia técnica especializada para el mantenimiento preventivo de los equipos¹.

Esta experiencia ilustra el alto costo de soluciones energéticas para la ruralidad colombiana, la necesidad de recursos financieros de cooperación internacional o

1. Nota proporcionada por Jose Eddy Torres, editor invitado.

nacional, la importancia de participación de empresas operadores de red que den respaldo técnico, y la disposición a pagar de las comunidades que valoran la importancia de contar con el suministro energético y de administrar las soluciones. De nuevo, surge la pregunta sobre la posibilidad de otorgar subsidios a estas soluciones que mejoren la productividad en las zonas donde son implementadas, para que contribuyan a garantizar recursos de reposición para la operación de largo plazo de estas iniciativas.

A continuación, Ómar Serrano de CEO explica las posibilidades para llegar con el suministro de energía eléctrica a zonas rurales del departamento del Cauca. Plantea la propuesta de hacer más 'libre' la llegada a estas áreas y segmentos de población. La estrategia propuesta e implementada por CEO *"permitió normalizar el servicio, entregarles a las comunidades energía eléctrica de calidad, oportuna y continua, facturar y recaudar por lo consumido"*; señala el gerente de CEO, quien además advierte que *"la articulación con entidades y actores de la comunidad fue clave para la aceptación y asimilación del proyecto"* puesto que para *"intervenir un asentamiento subnormal es necesario conocer las condiciones socioeconómicas y culturales de los mismos, con el fin de desarrollar estrategias asertivas orientadas a la sostenibilidad"*.

Esta experiencia, que aunque no corresponde estrictamente a soluciones para el sector rural, ilustra muy bien cómo la concepción e incorporación de innovaciones en el uso de tecnologías y esquemas de intervención a las comunidades y ajustes a la normatividad con el respaldo del Ministerio de Minas y Energía facilita avanzar en el suministro energético a comunidades marginadas. *"Tanto las características novedosas de la red segura y medida inteligente implementada, como las actividades de formación realizadas en uso eficiente, seguro y legal de la energía hacia las comunidades, garantizan que la prestación del servicio sea continuo y de calidad en el tiempo"*. Y para garantizar la sostenibilidad de lo ejecutado, la experiencia

les muestra que *"se requiere la construcción continua de lazos de confianza entre las partes"*.

Finalmente, Ruty Paola Ortiz resume las propuestas de ajuste institucional que facilitarían el logro de las metas de cobertura energética y mejoras en la calidad de los servicios². Las propuestas hacen referencia a reorganizar la institucionalidad, reforzando las capacidades técnicas y administrativas de planeación, estructuración, financiación y ejecución de los proyectos que van a llevar energía a los colombianos que hoy no la tienen o la reciben en condiciones de calidad insuficientes.

Ruty Ortiz señala la necesidad de unificar los criterios de presentación, estructuración y viabilización de proyectos, reducir las instancias a las que los interesados deben acudir, y armonizar y generar complementariedades entre las fuentes de financiación disponibles. Igualmente, resalta la importancia de disponer de información confiable para la toma de decisiones y supervisión de las soluciones implementadas.

Concluye en su artículo que si bien es evidente que llegar a las zonas que aún no tienen energía representa un sinnúmero de desafíos como los que se han discutido en este panel, el momento está lleno de oportunidades. *"El Gobierno ha propuesto en el Plan de Desarrollo las transformaciones fundamentales que se requieren y la política cuenta con diversidad de recursos y actores que se puede articular para lograr un aumento de cobertura sostenible financiera, ambiental y socialmente"*. Es importante que el "sector energético logre sus metas de aumentar cobertura, mejorar calidad, introducir fuentes renovables no convencionales y reducir gases efecto invernadero, pero aún más importante, que logre contribuir a que se hagan realidad los proyectos que van a llevarle energía a los más de 500.000 hogares que hoy no la tienen, para que esta pueda ser ese motor de desarrollo y transformación de esos colombianos que aún la esperan". ●

2. La propuesta se realiza en conjunto con el experto jurídico, José Fernando Plata Puyana y el experto técnico – regulatorio, César Augusto Peñalosa Pabón.

Vea aquí el panel 'Barreras regulatorias y esquemas empresariales', realizado durante el Foro 'Energía para un nuevo país rural'.



LIMITACIONES Y OBSTÁCULOS PARA EL DESARROLLO DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS CON POTENCIAS INSTALADAS MENORES A 1 MW

Limitations and obstacles for the development of hydroelectric power with installed capacity of less than 1 mw

Leonardo Pérez Álvarez¹ y Sergio Gómez Echeverri²

1. Gerente. Kastalia Energy SAS. Contacto: leonardo.perez@kastalia-energy.com
2. Gerente. Consultora Endémica SAS. Contacto: sergio.gomez@consultoraendemica.com

Resumen

A la hora de abordar los cuestionamientos asociados a las necesidades y desafíos que la Nación debe asumir para afrontar 'un nuevo país rural', las limitaciones de acceso a infraestructura básica en la periferia rural y específicamente aquellas asociadas al suministro de potencia eléctrica, se debaten en función de la definición misma de Generación Distribuida; un concepto que en esencia aborda de forma directa y precisa la problemática rural. Cuando enmarcamos este concepto en lo relacionado con el desarrollo de aprovechamientos hidroeléctricos con potencias instaladas menores a 1 MW, algunas consideraciones asociadas al estímulo de la demanda, la competitividad de la tecnología, la disponibilidad del recurso y sus efectos sobre el medio ambiente, así como la legislación que los regula; emergen para configurar, de forma implícita, preguntas asociadas al tipo de país rural que deseamos. El presente artículo pretende delinear dichas consideraciones y cuestionamientos y proponer un marco para una nueva definición de Generación Distribuida y una aproximación más orgánica al proceso de licenciamiento ambiental.

Palabras clave: regulatorias, Generación Distribuida, micro generación hidroeléctrica, licenciamiento ambiental.

Abstract

When addressing questions regarding the needs and challenges our nation must take on when facing 'A new rural country', the limitations on access to basic infrastructure in rural peripheries, and specifically those associated with the supply of electric power, are usually debated according to the definition of Distributed Generation; a concept that essentially deals directly and precisely with rural problems. When we frame this concept in relation to the development of hydroelectric power with installed capacity of less than 1 MW, considerations associated with demand stimulation, technological competitiveness, resource availability and its effects on the environment, as well as legislation to regulate them, emerge to configure, implicitly, questions regarding what type of rural country we actually want. This article aims to delve into these considerations and questions and propose a framework for a new definition of Distributed Generation, and a more organic approach to the process of environmental licensing.

Key words: regulatory barriers, Distributed Generation, Small Hydro, environmental licensing.

El mercado de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en Colombia ha venido incrementando su valor específico dentro de la matriz de generación de potencia del país. La Ley 1715 de 2014, además de establecer bases suficientes para la participación y competencia en el mercado, en condiciones favorables, de otras fuentes de energía renovable, otorga herramientas a los desarrolladores para continuar fortaleciendo la participación de las PCH en el mercado energético.

Evaluando en detalle la distribución de proyectos de generación a partir del recurso hidroeléctrico, y en función de su capacidad instalada en MW, es importante resaltar la concentración de proyectos en los rangos de potencia de 1 a 10 MW y 10 a 20MW (en

conjunto equivalentes al 74,82% de los proyectos en desarrollo; Ver Ilustración 1) y la considerable ausencia de proyectos con potencias instaladas menores a 1 MW (0,72%).

Desde una perspectiva de las necesidades de un país rural, carente de acceso suficiente a una infraestructura energética que responda a los requerimientos técnicos necesarios para una tecnificación agropecuaria razonable e integral, y más allá del problema de la cobertura y acceso al servicio, es necesario reflexionar sobre las razones y motivaciones que llevan al mercado a marginar los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos en escalas de micro y pico generación, es decir, aquellas con capacidad instalada menores a 1 MW.

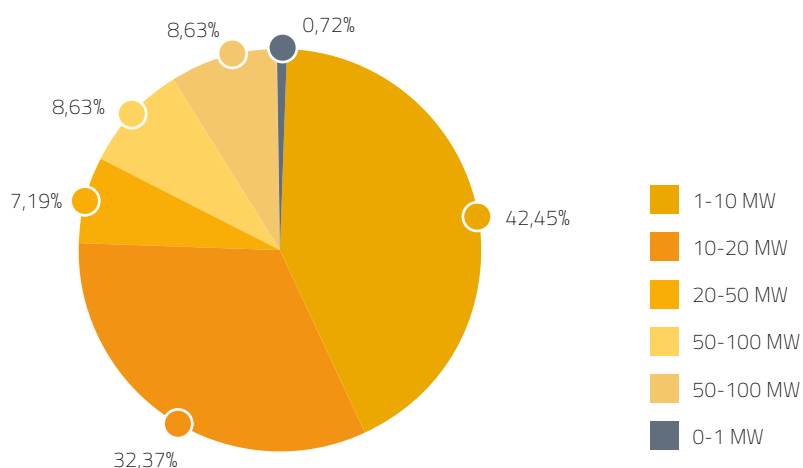


Ilustración 1. Proyectos Hidráulicos en Desarrollo, según su rango de potencia. Fuente UPME-SIEL. Marzo 2019.

Al evaluar la regulación vigente, resulta curioso este comportamiento dado que la Ley 1715 de 2014, tal y como se mencionó, introdujo mecanismos de fomento para el desarrollo de proyectos de generación con fuentes renovables de la energía, así como facilidades para la autogeneración y la generación distribuida. Entonces, en principio, esta poca participación en este rango de

proyectos aparentemente está motivada por condiciones intrínsecas al mercado. Las razones son más amplias y abarcan diversos aspectos relacionados con el mercado, la normativa que lo regula, algunos aspectos ambientales y otros que trascienden el ámbito técnico y que se enraízan en las dificultades de acceso a educación, financiación y desarrollo per se del sector rural en Colombia.

Las limitaciones de la potencia

La lectura y análisis del marco regulatorio del mercado energético en Colombia, y en general en el mundo, tiene como constante metodológica generar escalas y categorías en función de la potencia instalada de un proyecto de generación. Hacer esto tiene mucho sentido desde el punto de vista de planeación de la red, puesto que una política pública y un marco regulatorio que se sustenten en este tipo de categorías permite, por una parte, una administración de la matriz energética que diferencie los actores tanto por niveles de tensión como de potencia y, por otro, distribuir de manera equilibrada responsabilidades y beneficios hacia dichos actores. Sin embargo, en ciertos niveles que incluyen las plantas menores (aquellas con potencias instaladas menores a 20MW) esto es insuficiente. Este es el caso de los proyectos menores a 1MW y, particularmente, aquellos cuyo recurso energético es el hidroeléctrico.

Recordemos que la potencia hidráulica es función de la cabeza y el caudal. Mediante una relación directamente proporcional cuando mantenemos la potencia como constante, existe un rango amplio de combinaciones entre cabeza y caudal que configuran múltiples proyectos. Así, los proyectos de alta cabeza aprovechan una cantidad considerablemente menor de caudal del río porque se cuenta con mayor energía potencial, debida a la diferencia de nivel entre láminas de agua, mientras que los proyectos de baja cabeza aprovechan la energía cinética del flujo másico generada por un bajo potencial y un gran caudal.

El potencial hidroeléctrico aprovecha energía potencial debido a la altura, utilizando como vehículo de dicho potencial un flujo másico de agua que transforma la energía potencial en energía cinética. Estas relaciones tienen implicaciones importantes porque proyectos con igual potencia pueden tener un alto impacto ambiental, una mayor ocupación de cauces, obras de infraestructura y configuración de equipos electromecánicos sustancialmente diferentes a los que se requiere en potencias mayores, es decir, mientras que en *Medium* o *Large Hydro* estas diferencias no son sensibles, en *Small Hydro* (incluyendo *Micro* y *Pico* Generación) implican grandes diferencias como las siguientes:

1. No podemos suponer que el impacto ambiental de un proyecto de 1MW (o menor) de alta cabeza es

comparable con un proyecto de 1MW (o menor) de baja cabeza. Es necesario diferenciarlos. En este caso suele ser mucho más dominante el caudal de diseño que la potencia misma.

2. No podemos suponer que los costos de inversión son equivalentes para proyectos de Small Hydro de alta cabeza y aquellos de baja cabeza. En este caso, la velocidad específica de rotación de las máquinas y el caudal de diseño son las variables que dominan los costos. Esto sin considerar los costos asociados a vías de acceso (función parcialmente aleatoria) y línea de conexión (función de la potencia y de la disponibilidad de conexión, en cierta forma aleatoria)¹.

El Artículo 11 de la Ley 143 de 1994 define a un autogenerador como “aquel generador que produce energía eléctrica exclusivamente para atender sus propias necesidades”. La resolución UPME 281 de 2015 delimitó la categoría “autogenerador a pequeña escala” (AGPE) como aquel cuya capacidad instalada no supera 1 MW. A su vez, la resolución de la CREG 030 de 2018 define al Generador Distribuido (GD) como la “Persona jurídica que genera energía eléctrica cerca de los centros de consumo, y está conectado al Sistema de Distribución Local y con potencia instalada menor o igual a 0,1MW”. En este caso, estas categorías y delimitaciones tienen una relación intrínseca con la capacidad de demanda y la relación comercial entre el consumo y el intercambio comercial del excedente de generación. Implícitamente la combinación de las dos categorías implica que no es posible ser un autogenerador distribuido si la demanda supera los 0.1MW. Condición que genera inquietudes sustanciales frente a la presunción por parte del Estado, y manifiesta en la regulación misma, sobre las posibilidades de tecnificación del campo y el nivel de desarrollo tecnológico plausible asociado a otorgar valor agregado al producto agropecuario fuera de las grandes urbes.

Cuando esto se analiza en el marco del desarrollo de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos con potencias instaladas menores a 1MW y mayores a 0.1MW, se puede concluir que la regulación genera una barrera en dicho desarrollo en tanto supone que estos proyectos solo se pueden constituir como generadores puros, exportadores de energía a la red y sin acceso a los beneficios derivados de la Ley 1715, para las categorías de autogeneración y generación distribuida,

1. Son funciones aleatorias en tanto la disponibilidad de conexión y el acceso a vías dependen de factores independientes que no están motivados por el potencial hidroeléctrico per se.



Según el Censo de población de 2005, los índices de pobreza superan el 85% de la población en ruralidad dispersa y el 62% en las cabeceras municipales rurales. Entre los factores asociados a esta pobreza multidimensional se encuentra el acceso a la energía.

Foto: Ministerio de Minas y Energía.

Fotógrafo: Cesar Nigrinis.

es decir, sin posibilidad de venta de excedentes de generación a la red y acceso a procesos simplificados para conexión, términos de medición bidireccional y contrato de respaldo.

La resolución de la CREG 030 de 2018 otorga beneficios a los AGPE y los GD de diferente índole. Entre estos vale la pena resaltar el acceso a procesos de conexión simplificados y facilidad para la venta de la energía. El primero permite reducir los tiempos y costos de desarrollo y reduce el riesgo asociado a esta fase; la segunda elimina la necesidad de gestionar contratos PPA (Power Purchase Agreement) o venta en bolsa por parte de los operadores, lo que reduce la carga administrativa y los requerimientos de gestión en un mercado de energía de alta especialización profesional.

En ese sentido la resolución acierta debido a que tanto el objeto social del AGPE como del GD no es la venta de la energía per se. Esta ventaja derivada de esta regulación no es extensible para un generador rural con acceso a un recurso energético de una dimensión que supere los 0.1MW. Además, estos límites de potencia de carácter regulatorio motivan en muchos casos la subutilización del recurso natural. Igualmente, la definición de Planta

Menor/Planta Mayor y el consecuente despacho (o no) central, motiva que proyectos hidroeléctricos con acceso a recursos energéticos mayores a 20MW y menores a 40MW generalmente se autolimiten a los 19.9MW, tema de análisis e inquietud. Desde la perspectiva del país, siempre será mejor fomentar un proyecto de 30MW que uno de 19.9MW y otro de 9.9MW. Apelar a categorías cuantitativas, en este caso limitadas a la potencia, incitará a la escisión de proyectos de 0.3MW en tres proyectos de 0.1MW con eufemismos técnicos de características similares.

En contraste, vale la pena enunciar los siete elementos que son comunes en las diferentes definiciones de GD (Bayod Rujula, et all)².

1. *GD es, en general, independiente a la potencia y a la tensión.*
2. *Las tecnologías de GD pueden ser categorizadas como renovables y no-renovables. GD no es sinónimo de fuentes renovables.*
3. *La localización geográfica no es un parámetro relevante para diferenciar la GD de la Generación Concentrada.*
4. *La GD puede ser conectada a la red como en red aislada.*

2. A.A. Bayod Rujula, et all. Department of Electrical Engineering. Centro Politécnico Superior, University of Zaragoza. RE&PQJ, Vol. 1, No.3. 2005. Definitions for Distributed Generation: a revision

5. La GD se conecta a la red de forma directa o mediante transformadores o electrónica de potencia. Esto incluye sistemas de protección, así como elementos de medida.
6. En la mayoría de los países, la GD se conecta directamente a redes de distribución. Sin embargo, en el futuro, grandes plantas eólicas offshore con potencias mayores a 110MW podrían conectarse a redes de transmisión.
7. Los beneficios de la GD son la protección ambiental, calidad de la potencia, reducción de pérdidas de transmisión y distribución e inversión, uso de combustibles domésticos y recursos diversificados, respaldo y mejora de perfil de carga pico, aplicaciones CHP, refuerzos de red y suministro de energía a áreas remotas, e incremento de tasas de empleo locales³.

El efecto sobre las pequeñas centrales hidroeléctricas

A diferencia de otras alternativas de generación de potencia a partir de fuentes renovables, el efecto de economía de escala es particularmente sensible en la generación hidroeléctrica. Ciertos costos,

y particularmente aquellos relacionados con las obras civiles, no tienen una relación lineal con la potencia instalada. En la Ilustración 2 se puede observar el costo de inversión de un proyecto (Capex) hidroeléctrico, en función de la potencia instalada. Para efectos de facilitar la comparación entre los costos de los proyectos se han eliminado los costos relacionados con vías de acceso, líneas de conexión y valor de la tierra, de forma tal que podamos observar la relación directa con la potencia instalada que, a su vez, es función del caudal y la cabeza. Esta Ilustración supone tres escenarios de cabeza bruta en que los costos de las obras civiles y la potencia son dependientes del caudal de diseño, es decir, la capacidad instalada aumenta de forma directamente proporcional al caudal. Se observa claramente el efecto de escala sobre el costo de inversión cuyo comportamiento es logarítmico. Limitar los beneficios de la Generación Distribuida (GD) a centrales con potencias menores a 0.1MW margina indirectamente a los proyectos hidroeléctricos de dicho concepto, en tanto hace menos competitiva esta alternativa frente a otras.

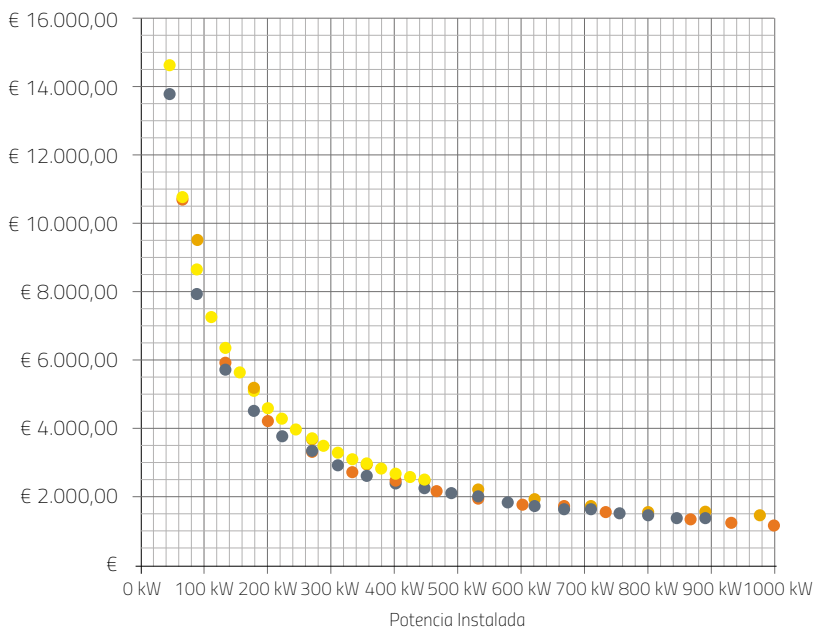
El escenario previamente planteado que sugiere la realización de proyectos de 0.3MW con un modelo de tres proyectos de 0.1MW no es factible porque

Ilustración 2. Costos de inversión en PCHs como función de la potencia. Elaboración propia. Fuente: Cost base for small hydropower plants <10MW. NVE. 2012.

Costo de inversión - CAPEX - por kW Instalado para PCHs <1MW
Costos a cabeza bruta constante
*Sin considerar
- Vías de acceso
- Línea de conexión
- Servidumbres
- Costo de tierras

● Hg: 200

● Hg: 150



implicaría un costo de inversión sustancialmente mayor al de realizar un único proyecto de 0.3MW, lo que a su vez genera un mayor detrimento desde el punto de vista ambiental.

Desde el espectro regulatorio del mercado energético aplicable a los proyectos hidroeléctricos de más de 0.1MW encontramos que este cubre un rango muy amplio que se limita, por la definición de central menor y obligatoriedad del despacho central, en 20MW de potencia instalada. Siempre que los costos de desarrollo de un proyecto, y específicamente aquellos con mayor riesgo, es decir, cuyas fases iniciales sean equiparables entre proyectos indiferentemente a su potencia instalada, el inversionista optará por invertir el capital de riesgo en aquel que pueda generar una mejor expectativa de retorno de la inversión. En términos coloquiales, si es posible elegir entre un proyecto de 500 kW y uno de 20 MW, y la fase de riesgo tiene un costo equiparable, siempre se elegirá invertir en el de mayor potencia.

Mientras sostengamos criterios de diferenciación regulatoria asociada a la potencia instalada y con límites discretos, propiciaremos desarrollos de proyectos que no se ajustan, necesariamente, a criterios de optimización y utilización eficiente del recurso natural. Esto, a su vez, puede ir en detrimento de la democratización misma del mercado de la energía.

El efecto en el desarrollo rural

Colombia tiene 950 municipios con poblaciones inferiores a los 25.000 habitantes. De estos, 371 presentan densidades poblacionales intermedias entre 10 y 100 hab/km² (municipios rurales) y 302 presentan densidades poblacionales menores a 10 hab/km² (ruralidad dispersa)⁴. En estos, y según cifras del Censo de población de 2005, los índices de pobreza superan el 85% de la población en ruralidad dispersa y el 62% en las cabeceras municipales rurales. Entre los factores de análisis y razones asociados a esta pobreza multidimensional se encuentra el acceso a la energía. *La misión para la transformación del campo*, adelantada por el Gobierno nacional en el año 2014, definía en su marco conceptual, y como un principio básico que debe regir las políticas de desarrollo rural, “*La necesidad de promover un desarrollo rural competitivo*

y ambientalmente sostenible basado, ante todo, en la provisión adecuada de bienes públicos que faciliten el desarrollo tanto de actividades agropecuarias como no agropecuarias”. Una definición de GD, limitada a una potencia máxima de 0.1 MW, plantea inquietudes asociadas a la “*provisión adecuada de bienes públicos*”:

- **¿Qué beneficio genera el limitar la GD en su potencia instalada?** En principio consideramos que no hay beneficio alguno, más allá de aquellos relacionados con la planeación de la red. Sin embargo, la realidad rural del país establece que las capacidades de despacho de las redes de distribución existentes ya son en sí, una limitación de potencia. En tal sentido limitar la definición de GD a una potencia instalada es generar un doble obstáculo. Los proyectos deben cumplir el criterio de 0.1MW y además limitarse a la capacidad de despacho de la red.
- **¿Limitamos en consecuencia el desarrollo rural?** Consideramos que sí se limita el desarrollo rural, en tanto creemos que es la demanda y las políticas de estímulo de la demanda energética en la ruralidad, seguramente asociadas al desarrollo de proyectos productivos, las que definirán el límite técnico de la GD.
- **¿La definición de GD soportada en una potencia máxima apunta únicamente a incrementar la cobertura del servicio?** Ya mencionamos que, en la práctica, el limitar la GD a una potencia de 0.1 MW implica un doble obstáculo para el desarrollo rural suficiente, en tanto las redes ya son una limitación de potencia per sé. En este sentido, pareciera que esta definición apuntara a una inquietud o política inmersa asociada a mejorar los indicadores de cobertura más allá de desarrollar el campo como motor económico de impacto nacional. Una definición de GD más amplia y enfocada en el concepto de llevar la generación al pie de la demanda, sin límites adicionales, permite ampliar el enfoque de desarrollo rural y consentir que sea el mercado (la demanda) quien regule su implementación.
- **¿Cómo la calidad de la potencia debería estar involucrada en esta definición de GD?** Consideramos que la necesidad de un marco más amplio para la GD también debe implicar la calidad de la potencia en un sentido más integral que solamente pensar en términos de la cobertura.
- **¿Establecer un límite en la GD puede limitar el estímulo de la demanda?** Sí. Un límite en la definición de GD limita el estímulo de la demanda; en términos

3. Fuente: DANE. Proyecciones de Población 2014.



Proyecto PCH
Palmar, Magdalena.
Foto: IPSE.

prácticos es más natural que sea la demanda la que determine la necesidad de potencia eléctrica y en consecuencia las inversiones y desarrollos en dicho sentido. Al limitar la GD en términos de potencia, el mercado en cuestión (el rural) deberá esperar a que sea el SIN, con sus limitaciones políticas, estratégicas y técnicas, el que se fortalezca para que pueda generar desarrollo económico significativo. Debemos evitar el establecimiento de un techo en potencia que frene el desarrollo de la demanda de energía en la ruralidad, que es el interés ulterior de toda esta discusión.

La cuestión ambiental

A continuación abordaremos los factores ambientales y de tipo regulatorio que dificultan la promoción de proyectos de GD, teniendo presente la diversidad de impactos ambientales que dependen de la dimensión del proyecto y de sus características independientes a la

potencia, tales como caudal, cabeza, área de influencia, entre otras.

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, decreto único reglamentario para el sector ambiental, que consolida los decretos ambientales que se encuentran vigentes en Colombia, todo proyecto que considere la generación de energía a partir del recurso hídrico y que pretenda entregar su energía al Sistema Interconectado Nacional, debe surtir un proceso de licenciamiento ambiental, independientemente de su capacidad instalada y la generación de impactos.

El proceso de licenciamiento ambiental de un proyecto de generación de energía involucra dos fases. La primera comprende la solicitud, ante la autoridad competente, de un pronunciamiento sobre la necesidad de presentación de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA). De considerarlo necesario, la autoridad ambiental puede solicitar la elaboración del DAA, en el que, en conjunto entre la autoridad y el solicitante, se realizará una

elección de la mejor alternativa para el desarrollo del proyecto. La segunda fase comprende la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Es importante aclarar que, dependiendo de la capacidad instalada del proyecto, le corresponderá la autoridad ambiental con jurisdicción para el otorgamiento de la licencia ambiental. En proyectos de generación de energía hidráulica con capacidad instalada mayor a 100 MW, será la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) la encargada de evaluar la solicitud, mientras que, en proyectos menores a 100 MW, será la Corporación Autónoma Regional (CAR).

Respecto a la primera fase, no existe en la legislación colombiana una metodología de evaluación objetiva que permita a la autoridad ambiental determinar si un proyecto requiere o no la necesidad de presentación de DAA. Por lo anterior, en la práctica, el concepto será otorgado con base en los criterios y consideraciones del evaluador por parte de la autoridad y dependerá de su experiencia en dichos proyectos. Esta subjetividad genera que, en algunas ocasiones, un proyecto que pueda llegar a presentar un impacto alto al ambiente no requiera DAA o que, por el contrario, un proyecto de impactos relativamente poco significativos, si lo requiera.

Ahora bien, una vez cumplida la primera fase del licenciamiento ambiental correspondiente al DAA, se debe completar la segunda fase que corresponde a la realización del estudio de impacto ambiental, siendo este, en términos generales, el estudio de mayor detalle que debe ser presentado para la solicitud de la licencia. Normalmente se deberá, antes de iniciar el EIA, solicitar a la autoridad ambiental competente los términos de referencia para su elaboración. En teoría, la autoridad ambiental deberá elaborar unos términos de referencia específicos que se ajusten a las características del proyecto, así como a su magnitud, debido a que, como se mencionó anteriormente, existen diferentes modelos de generación de energía a partir del recurso hidráulico y no todos producen los mismos impactos al ambiente y, por consiguiente, deben ser tratados de manera diferenciada.

Por su parte, la ANLA ha generado términos de referencia específicos para los proyectos de generación de energía cuya evaluación es de su competencia, es decir, aquellos

con capacidad instalada mayor a 100 MW. No obstante, pocas CARs en Colombia han generado términos de referencia específicos para aquellos proyectos que hacen parte de su competencia. Por lo anterior, en la práctica, al solicitar los términos de referencia para la elaboración del EIA de un proyecto menor a 100 MW, la CAR responderá que se deberán seguir los términos de la ANLA. Lo anterior indica que, en Colombia, un proyecto a filo de agua, con una capacidad instalada de 1 MW, que genera impactos localizados y de un manejo con menor complejidad, frecuentemente deberá desarrollar los mismos estudios ambientales que un proyecto con represamiento de agua y cuyo impacto sea de importancia nacional. Esto porque no existe una regulación que esté respaldada por la proporcionalidad del impacto, es decir, volvemos al error del criterio de potencia.

Por lo anterior, desde la reglamentación para los proyectos de generación de energía a partir del recurso hídrico, no existe una economía de escala en la que, a menor capacidad instalada del proyecto, se requiera una menor complejidad en cuanto a los estudios y al trámite de licenciamiento, que reduciría la inversión necesaria en estudios y diseños. Lo anterior desincentiva a los promotores de proyectos de este tipo y, en su lugar, fomenta la búsqueda y desarrollo de proyectos de generación con una mayor capacidad instalada. Una prueba de lo anterior corresponde a las centrales hidroeléctricas que se encuentran registradas ante la UPME, cuyos proyectos se encuentran en el rango entre 1 y 20 MW (Ver Ilustración 1).

Si se desea fomentar la construcción de proyectos de pico, micro y minicentrales, es necesario flexibilizar el trámite de licenciamiento ambiental para este tipo de proyectos y desarrollar términos de referencia que permitan estudios de acuerdo con la magnitud de sus impactos.

Respecto a la flexibilización del trámite de licenciamiento, es importante determinar si se va a solicitar o no la presentación del DAA, sin que esto dependa del concepto de un evaluador. Teniendo en cuenta que este tipo de proyectos no presenta, generalmente, múltiples alternativas para su desarrollo, una recomendación razonable sería eliminar dicho proceso en proyectos de este tipo.

Ahora bien, respecto al EIA, es importante determinar los impactos comúnmente generados por este tipo de proyectos. Si bien las metodologías para la identificación y evaluación de impactos requieren de una evaluación previa del ambiente o línea base, normalmente los impactos más significativos corresponden a: 1) alteración de la cantidad del recurso hídrico y afectación de los ecosistemas acuáticos en el tramo semiseco, 2) alteración de procesos erosivos debido a la construcción de obras civiles y, 3) generación de conflictos o expectativas con la comunidad.

El primer impacto mencionado ocurre con la desviación del cauce del río a través de las obras de conducción para su posterior generación. Para prevenir o mitigar este impacto se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales. El primero corresponde al caudal de garantía ambiental que debe permanecer en el tramo semiseco, es decir, el caudal no aprovechable. El segundo, al tipo de captación que se construya, la cual debe contar con estructuras que permitan la migración de las poblaciones de fauna para, de esta manera, garantizar la conectividad ecológica de las poblaciones asociadas al cauce principal.

Es posible, para proyectos de 1 MW o menores, realizar diseños estándar para la captación de agua, los cuales contemplen, de antemano, las medidas idóneas para prevenir o mitigar los impactos mencionados, incluyendo, por ejemplo, estructuras tipo escaleras de peces para, como se mencionó anteriormente, garantizar la conectividad ecológica. Asimismo, podrían diseñarse estructuras hidráulicas que permitan regular que el caudal para generación sea captado posterior a la superación de un límite hidráulico, lo cual permitirá garantizar la estricta permanencia del caudal ambiental.

Las Corporaciones Autónomas Regionales, principales responsables del cuidado de las cuencas que se encuentren en su jurisdicción y, a su vez, siendo las instituciones que mayor conocimiento deben tener sobre las mismas, podrían invertir dicho conocimiento en generar medidas como las anteriormente mencionadas, para los impactos más significativos, generando para ello documentos o formatos estándar. Igualmente, sería posible para proyectos de pico, micro

y minicentrales, garantizar un manejo adecuado de los impactos, así como generar cierta flexibilización en el trámite de licenciamiento ambiental. Asimismo, es posible identificar que la opción de implementar medidas de manejo estándar permite una comunicación más concreta y fluida entre el promotor del proyecto y la autoridad ambiental competente, debido a que, entre otros aspectos, el promotor deberá dar cumplimiento a las medidas impuestas por la Corporación y, por ende, se reducirá la inversión en tiempo y dinero en estudios ambientales, así como en el diseño de programas de manejo que pueden resultar insuficientes para el manejo del impacto. Consecuentemente, se disminuyen los tiempos y complejidad en el proceso de evaluación del trámite en la CAR evitando, a su vez, la solicitud de información adicional, generación de requerimientos, devolución del trámite e, incluso, negación de la licencia ambiental, lo cual se traduce en optimización de los recursos públicos.

En la misma línea, resultaría indispensable el diseño de los ya mencionados términos de referencia específicos, que tengan en consideración la magnitud de los posibles impactos para cada proyecto y que, por ende, la exigencia del estudio sea, en consecuencia, proporcional. Para citar un ejemplo, en Escocia la autoridad ambiental encargada de otorgar licencias ambientales (SEPA; Scottish Environment Protection Agency; SEPA, 2005), solicita niveles diferentes de detalle para cada uno de los modelos de aprovechamiento energético a partir del recurso hídrico. Inicialmente, existen términos de referencia específicos para diferentes tipos de proyecto, entre ellos, para las centrales a filo de agua. Más aun, solicita información diferenciada para la caracterización de proyectos con alcances distintos. Por ejemplo, la cantidad de información que deberá ser presentada aumenta dependiendo de la longitud del tramo semiseco, la capacidad instalada, la sobre posición con áreas protegidas o reconocidas por su importancia ecológica, entre otras variables.

Asimismo, resulta necesario garantizar los derechos y deberes del solicitante de la licencia ambiental. De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, existen tiempos específicos que deben ser acatados por la autoridad ambiental para proceder a aceptar la solicitud y dar inicio

del trámite, hacer la evaluación, emitir requerimientos en caso de ser necesarios y, finalmente, pronunciarse frente a la decisión de la licencia ambiental. No obstante, en escasas oportunidades estos tiempos son cumplidos por las autoridades ambientales. Si bien es cierto que cada corporación es autónoma para tomar las decisiones en su territorio, es importante que dicha autonomía no sea confundida con abuso de poder, ya que esto representaría unos altos costos para el promotor de un proyecto y una alta inversión en tiempo a la espera de una respuesta de la autoridad frente a su solicitud. Se debe garantizar un cumplimiento de los tiempos que han sido reglamentados mediante la normativa ambiental vigente a nivel nacional y resulta entonces pertinente que pueda existir una entidad superior a la cual acudir en caso tal de que los requerimientos de información sean desproporcionados, se sobrepasen los tiempos o existan inconsistencias en el trámite.

En caso de lograr generar incentivos de este tipo, es posible que pequeños promotores en áreas rurales se atrevan a buscar el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de pico, micro y minicentrales. Sin duda, si bien existen impactos acumulativos, la resiliencia de los ecosistemas permite que exista una mayor capacidad de adaptación a un mayor número de pequeños proyectos, versus un proyecto muy grande con una mayor probabilidad de generación de impactos.

Conclusiones

Un concepto más amplio e incluyente de Generación Distribuida (GD) permite una competencia activa entre diferentes fuentes de generación de potencia. Limitar el concepto de GD a una variable de potencia no responde a las características prácticas del desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas y margina esta fuente de energía de participar en un escenario que aporte de manera efectiva y competitiva al desarrollo de la ruralidad colombiana.

Las amplias categorías aplicadas tanto en la regulación energética como en la regulación ambiental son obstáculos de desarrollo a la hora de interpretarlas en función de los pequeños aprovechamientos energéticos con amplia disponibilidad en la ruralidad colombiana.

Criterios diferenciados, tanto en la regulación ambiental como en la regulación energética, aplicables a proyectos de pequeña escala y de impacto directo en la agroindustria, son necesarios y convenientes en función de un nuevo país rural.

La discusión constante e inclusiva entre los diferentes actores con interés y participación en la generación de potencia y en la explotación del campo, es necesaria y pertinente. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ley 1715 de 2014. República de Colombia.

Ley 143 de 1994 República de Colombia.

Resolución CREG 030 de 2018.

Resolución CREG 031 de 2001.

Resolución CREG 086 de 1996.

Resolución CREG 055 de 1994.

Resolución UPME 281 de 2015.

Decreto 1623 de 2015 de Ministerio de Minas y Energía.

Decreto 2469 de 2014 de Ministerio de Minas y Energía.

Decreto 1076 de 2015.

Scottish Environment Protection Agency SEPA. 2005. Guidance for applicants on supporting information requirements for hydropower applications.

Interamerican Development Bank. 2011. Perspectives for Distributed Generation with Renewable Energy in Latin America and the Caribbean Analysis of Case Studies for Jamaica, Barbados, México, and Chile; IDB-DP-208.

Departamento Nacional de Planeación. DNP. 2014. Misión para la Transformación del Campo. Marco Conceptual de la Misión para la Transformación del Campo. José Antonio Ocampo. Bogotá D.C.

A.A. Bayod Rújula, *et al.* Department of Electrical Engineering. Centro Politécnico Superior, University of Zaragoza. RE&PQJ, Vol. 1, No.3. 2005. Definitions for Distributed Generation: a revisión.

“ENERGÍA SEGURA ES CALIDAD DE VIDA”: ESTRATEGIA PARA LA NORMALIZACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA EN BARRIOS SUBNORMALES DE LA CIUDAD DE POPAYÁN, CAUCA

“Safe energy means better quality of life”: strategy for the normalization of energy service in subnormal neighborhoods in the city of Popayán, Cauca

Ómar Serrano Rueda

Gerente General. Compañía Energética de Occidente (CEO).

Contacto: omar.serrano@ceoesp.com

Energización en asentamientos subnormales, ejemplo para su implementación en el sector rural¹

Energization in subnormal settlements, example of implementation in rural sector

Ómar Serrano, gerente general de la Compañía Energética de Occidente (CEO), nos plantea en este artículo cómo hacer más ‘libre’ la llegada de sistemas de energía a los barrios subnormales de las ciudades, en este caso en particular, a los asentamientos ubicados en Popayán, Cauca.

Serrano nos cuenta cómo la estrategia propuesta e implementada por CEO “permitió normalizar el servicio, entregarles a las comunidades energía eléctrica de calidad, oportuna y continua y facturar y recaudar por lo consumido.

La articulación con entidades y actores de la comunidad fue clave para la aceptación y asimilación del proyecto puesto que para intervenir un

asentamiento subnormal es necesario conocer las condiciones socioeconómicas y culturales de los mismos, con el fin de desarrollar estrategias asertivas orientadas a la sostenibilidad”, sostiene el autor.

La experiencia contada en este artículo, que aunque no corresponde estrictamente a soluciones para el sector rural, ilustra muy bien cómo la concepción e incorporación de innovaciones en el uso de tecnologías y esquemas de intervención a las comunidades y ajustes a la normatividad con el respaldo del Ministerio de Minas y Energía facilita avanzar en el suministro energético a comunidades marginadas. “*Tanto las características novedosas de la red segura y medida inteligente implementada, como las actividades de formación realizadas en uso eficiente, seguro y legal de la energía hacia las comunidades, garantizan que la prestación del servicio sea continuo y de calidad en el tiempo. Y para garantizar la sostenibilidad de lo ejecutado, la experiencia les muestra que se requiere la construcción continua de lazos de confianza entre las partes*”, agrega su autor.

1. Nota realizada por Ángela Cadena, Ph.D., profesora asociada del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes.

Resumen

Este artículo presenta la estrategia que CEO - Compañía Energética de Occidente desarrolló e implementó para intervenir y normalizar el servicio de energía en 41 asentamientos subnormales de Popayán, proceso de compleja gestión debido a la oposición de la comunidad que por más de 15 años habitaba estas zonas, y que no acostumbraba a realizar pagos por la energía que ilegalmente consumía. Factores como la eficiencia energética, la comunicación asertiva, la tecnología de punta y la articulación con actores del proceso, fueron claves para el logro de los objetivos propuestos.

Palabras clave: energía eléctrica, normalización, intervención social, servicios públicos.

Abstract

This article presents the strategy that CEO - Compañía Energética de Occidente - developed and implemented to intervene and normalize the energy service to 41 subnormal settlements in Popayán; a complex management process due to the opposition of the community, which for more than 15 years lived in these areas and were not used to paying for the electricity they illegally consumed. Factors such as energy efficiency, assertive communication, leading technology and articulation with other actors in the process were key in achieving the proposed objectives.

Key words: electric power, normalization, social intervention, public services.

Introducción

CEO – Compañía Energética de Occidente, es una empresa privada de servicios públicos domiciliarios que tiene como actividad principal la distribución y comercialización de energía eléctrica. Desde agosto de 2010, CEO opera en 38 de los 42 municipios del departamento del Cauca, dando cumplimiento a su promesa de valor “soluciones energéticas que generan progreso”.

En el marco de su operación, CEO atiende dos segmentos de mercado, el gestionable y el denominado mercados en desarrollo. Este último, se caracteriza por la dificultad en su gestión en temas relacionados con la ilegalidad en la utilización del servicio, las condiciones socioeconómicas de los habitantes, aspectos culturales relacionados con el no pago de los servicios públicos, los grupos al margen de la ley u otros factores que dificultan el desarrollo de las actividades con un esquema convencional en la prestación del servicio. En este escenario, se encuentran

los barrios subnormales, definidos por el decreto 111 de 2012 como aquellos sectores que toman la energía sin la autorización del operador de red (ilegal) [1].

Entre las características de estos sectores se destacan las redes antitécnicas construidas por sus habitantes, el no pago por la energía consumida, el uso ineficiente del servicio y la baja calidad de vida de las familias debido a sus condiciones socioeconómicas.

Este mercado en Popayán generó afectaciones económicas para CEO, que motivaron a que la compañía construyera e implementara una estrategia de intervención sostenible, compuesta por 11 actividades, la cual contribuyó al logro del objetivo de normalizar técnica y comercialmente la prestación del servicio de energía en los asentamientos subnormales declarados por la Alcaldía Municipal.

En los ítems que siguen a continuación se detalla el reto que CEO afrontó, la estrategia que construyó,

los actores involucrados, los logros que obtuvo y los factores tecnológicos y sociales que facilitaron la implementación exitosa de esta estrategia.

El reto

Desde que CEO inició sus operaciones en el Cauca, año 2010, identificó una problemática social en la ciudad de Popayán que afectaba su operación y le generaba altas pérdidas económicas. Se trataba de 41 asentamientos subnormales conformados por familias en condiciones de vulnerabilidad, que por más de 15 años habían accedido de manera ilegal a la red de distribución de energía eléctrica de CEO y no estaban acostumbradas a pagar por los servicios públicos que utilizaban, por lo tanto, se oponían a la normalización de redes y a la medida que pretendía adelantar CEO para enfrentar dicha situación.

Este escenario no solo generaba afectaciones para CEO, también representaba un riesgo muy alto para la vida de las 12.000 personas que habitaban estos asentamientos ubicados en 2.695 predios de la ciudad, debido a las conexiones antitécnicas realizadas por ellos mismos a la red, y a las características de sus viviendas, construidas con materiales fácilmente inflamables como madera y cartón, y redes eléctricas internas artesanales, que como consecuencia generaron accidentes e incendios, afectando no solo sus lugares de habitación sino también su salud. Estas conexiones antitécnicas a la red impactaban también la calidad y continuidad del servicio de energía eléctrica de aquellos usuarios legales circundantes a los asentamientos y habitantes de los mismos, así, permear esta cultura de uso no legal, seguro y eficiente del servicio era un gran reto.

Por otra parte, debido a que la energía que utilizaban estas familias no representaba un costo en su economía, le daban un uso inadecuado, lo que generaba que el consumo promedio mensual por predio ascendiera a los 197 kWh/mes, cuando en promedio un predio de estrato 1 consume 80 kWh/mes.

Lo anterior planteó un panorama retador para CEO, debido a que su recaudo era del 0%, su cartera alcanzó los \$21.981 millones, la morosidad era del 100%, el

consumo por predio era ineficiente y existía oposición por parte de la comunidad para normalizar las redes y la medición de los consumos.

La estrategia

Para afrontar este reto y lograr el objetivo empresarial de normalizar técnica y comercialmente la prestación del servicio de energía en los 41 asentamientos subnormales declarados por la Alcaldía de Popayán, CEO construyó una estrategia de intervención sostenible, considerando los principales aspectos sociales y culturales de las comunidades a intervenir.

Esta estrategia consistió en la estructuración de una serie de actividades clave de intervención, que basadas en el diálogo asertivo con las comunidades y la articulación con entidades gubernamentales y de control, garantizó el ingreso a las zonas y puesta en marcha de esta. Por otro lado, buscando la sostenibilidad de esta iniciativa, se apostó por la educación del mercado en uso seguro, legal y eficiente de la energía, y por emplear tecnología de punta, como son las redes seguras y amigables con el medio ambiente y los sistemas de medida inteligente, de tal forma que se minimizarán las posibilidades de manipulación de la red para conexiones ilegales y garantizar un servicio continuo y seguro de energía.

A continuación, se describen las actividades llevadas a cabo, agrupadas en 11 ítems.

1. Identificación de las zonas a intervenir

Desplazamientos a las zonas para reconocer la existencia de la subnormalidad eléctrica y considerar aspectos técnicos y sociales.

2. Declaración de subnormalidad eléctrica

Gestión ante la Oficina Asesora de Planeación Municipal del documento jurídico que soportara la existencia legal de las zonas a intervenir y la estratificación correspondiente, de acuerdo con lo planteado por el Decreto 111 de 2012.

3. Planeación técnica

Elaboración de diseños eléctricos para determinar cómo ejecutar la normalización de redes y medida en las zonas.



4. Proceso de socialización

Presentación de los componentes del proyecto, sus beneficios y compromisos entre las partes (usuarios/ empresa). Esta labor fue desarrollada a través de reuniones con las autoridades municipales, personería, líderes sociales, entes de control y comunidad. Igualmente, se llevaron a cabo procesos de divulgación de las actividades y logros alcanzados a través de medios de comunicación locales.

5. Proceso de negociación

Reuniones frecuentes con la comunidad para pactar las condiciones de la prestación del servicio, que permitieran la normalización en su zona, debido a la alta resistencia que se presentaba.

6. Proceso de suspensión

Suspensión temporal del servicio de energía en aquellas comunidades que no permitieron el proceso de normalización y que, durante los diferentes intentos operativos de ingresar a ejecutar las actividades

técnicas, amenazaban con atentar contra la integridad de los funcionarios. Para el desarrollo de esta actividad fue importante la coordinación y el acompañamiento de la Policía.

7. Formación en uso eficiente, seguro y legal del servicio

Despliegue del proceso educativo al usuario en la utilización de la energía de manera segura para evitar riesgos y accidentes; eficiente para que consuma lo que efectivamente necesita y pueda pagar; y legal para que cumpla con lo contemplado en la normatividad vigente; dejando claro que todo lo anterior contribuye a contar con un servicio de calidad y continuo.

8. Preparación de actividades internas de la compañía para proceso comercial

Alistamiento de todos los procesos de CEO y la creación de los nuevos usuarios en el sistema, para dar inicio al ciclo comercial, que incluye consumo del cliente, lectura, facturación, recaudo, suspensión/corte/reconexión.



La obra implicó la instalación de postes, redes trenzadas seguras y amigables con el medio ambiente, transformadores autoprotegidos, medidores inteligentes, acometidas y demás materiales que permitieron la prestación del servicio.

9. Normalización con tecnología de punta para medida y red

Desarrollo de la obra que implicó la instalación de postes, redes trenzadas seguras y amigables con el medio ambiente, transformadores autoprotegidos, medidores inteligentes, acometidas y demás materiales que permitieron la prestación del servicio. Estas obras fueron ejecutadas como una inversión de CEO, sin trasladar ningún costo a los usuarios finales, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas de los habitantes de los sectores.

10. Facturación

Generación de facturas por los consumos de energía por usuario en la zona, realizando previamente, un proceso educativo hacía el usuario para su correcta interpretación. Dado que la medición se realiza desde un

sistema de medición inteligente, los ciclos de facturación pueden amoldarse a los ciclos de ingresos de los clientes, es decir las fechas de vencimiento pueden adaptarse a cada usuario, situación que con medida convencional no es posible y todos los usuarios de un ciclo tienen una misma fecha de lectura, facturación y vencimientos. La tecnología también permite al cliente elegir la modalidad de facturación entre postpago o prepago.

11. Recaudo

Etapa mediante el cual el usuario procede a pagar por lo consumido en los puntos autorizados.

La implementación de esta estrategia tomó alrededor de cuatro (4) años, debido a la complejidad del ejercicio y a las múltiples actividades que debían realizarse de manera secuencial por cada intervención.



El diálogo social, un camino de acceso a la energía

Este proyecto tuvo un componente importante de divulgación y formación debido a la multiplicidad de actores que intervinieron y a la complejidad de la situación, por lo cual, se realizaron ejercicios de socialización de los objetivos y avances del proyecto con entidades, líderes y comunidades de manera frecuente, empleando medios de comunicación local y otros canales, con el fin de contar con su respaldo y compromiso para lograr los objetivos propuestos.

A lo largo del proceso se interactuó con diferentes instituciones y personas que realizaron los siguientes aportes:

1. Ministerio de Minas y Energía: al ser barrios subnormales, CEO presentó un proyecto al MME

para la normalización de las redes con el que se logró la financiación del 24% del valor total de la iniciativa, a través del programa PRONE (Programa de Normalización Eléctrica).

2. Oficina Asesora de Planeación (Alcaldía de Popayán): su rol en el proyecto consistió en la certificación de asentamientos subnormales eléctricos de acuerdo con la normatividad.
3. Secretaría de Infraestructura y Vivienda (Alcaldía de Popayán): encargada de validar la información de proyectos de infraestructura y vivienda del municipio de Popayán.
4. Líderes sociales: desempeñaron un rol muy importante en el proceso, al actuar como interlocutores con la comunidad para la negociación del proceso de normalización en los sectores.
5. Entes de control (Personería Municipal, Concejo Municipal, Defensoría del Pueblo, Superintendencia

En la implementación de este programa, CEO entregó hasta 8.000 bombillos ahorradores.



de Servicios Públicos y Procuraduría): CEO lideró ejercicios de retroalimentación con estas entidades sobre la gestión que efectuaba, con el fin de que comprendieran el motivo de sus acciones e intervinieran en los casos que requirieran su competencia.

6. Secretaría de Gobierno y Fuerza pública (Policía Nacional y ESMAD): estas organizaciones brindaron apoyo policivo en aquellos sectores más críticos que se oponían a la normalización, después de haber efectuado el proceso de socialización y diálogo con los sectores.
7. Medios de Comunicación: a través de estos medios locales, se transmitió de manera efectiva los avances, beneficios y resultados del proyecto.

Es de resaltar que por tratarse de un tema de impacto social se llevó a cabo un plan educativo orientado a que el usuario comprendiera la importancia de hacer uso eficiente, seguro y legal del servicio de energía, conociera sus derechos y deberes, e interpretara correctamente su factura y medidor. Esta actividad se realizó a través de talleres y/o visitas personalizadas a los predios, orientados por gestores sociales capacitados para tal fin.

Finalmente, es importante destacar las posturas tomadas por las comunidades intervenidas a lo largo del proceso, quienes en un principio rechazaban totalmente la normalización del servicio, luego, con la implementación de la estrategia, fueron aceptando los cambios que traía el proceso, evidenciados en el permiso para normalizar sus predios, disminuir sus consumos de energía promedio y realizar los pagos en los tiempos pactados.

El cambiatón, una oportunidad para evolucionar a la iluminación LED

En la implementación de la estrategia de intervención y con el fin de fortalecer la actividad de educación a usuarios normalizados en el uso eficiente, seguro y legal de la energía, CEO desarrolló un programa denominado "Cambiatón", el cual consistió en recibir de parte de los usuarios bombillos incandescentes y entregarle a cambio unos nuevos ahorradores, contribuyendo en la reducción del consumo de energía y, por lo tanto, en el valor en la factura, haciéndola más fácil de pagar. En la implementación de este programa, CEO entregó hasta 8.000 bombillos ahorradores.



CEO lideró ejercicios de retroalimentación con los entes de control.

Tecnología de punta

Se implementó tecnología de punta a nivel de red y medida para facilitar la gestión comercial y técnica de CEO, disminuir el riesgo eléctrico y mejorar la calidad de vida de los habitantes. La infraestructura eléctrica instalada se ejecutó con una visión de provisionalidad, es decir, que estará presente en las zonas intervenidas mientras que estos sectores se encuentren habitados, de lo contrario, serán reubicados y se desmontará lo instalado.

Es importante destacar que esta tecnología no tuvo costo alguno para los usuarios, su compromiso con CEO es pagar la factura de energía consumida en los tiempos acordados.

a) Redes seguras y amigables con el medio ambiente

La red de baja tensión instalada corresponde a redes trenzadas que facilitan la calidad de la prestación del servicio, generan mayor seguridad eléctrica, son amigables con el medio ambiente porque disminuyen la necesidad de podas (corte de ramas que impactan la calidad del servicio al entrar en contacto con la red), ante contacto con la red eléctrica de la vida animal no

hay riesgo de electrocución y mejorarán la estética del sector, que conlleva a la reducción de la contaminación visual. Adicionalmente, debido a las características de este tipo de cableado se limita el acceso ilegal a las redes y, disminuye riesgos de electrocución o quemaduras y también las posibles pérdidas no técnicas.

b) Sistema de medida inteligente

Se utilizó infraestructura de medición avanzada, usando medición centralizada, donde los medidores de energía de usuarios están en cajas concentradoras instaladas en los postes, de las cuales se derivan las acometidas para cada usuario, quien recibe un display que le permite verificar el consumo que genera. En cada transformador se instala otro medidor inteligente para realizar un balance energético y controlar variables de calidad del servicio. Desde una central de gestión en CEO, son monitoreadas variables energéticas a nivel de clientes y transformador, siendo la misma red eléctrica el medio de comunicación.

Entre los beneficios que ofrece esta tecnología de medida, se destacan los siguientes:

1. Telecontrol de la operación técnica del sistema de medida.

2. Información más precisa para identificar fallos y reducir los tiempos de atención.
3. Información en tiempo real de los consumos.
4. Control del consumo por parte del usuario quien administra de manera eficiente el recurso.
5. Mayor eficiencia, confiabilidad y seguridad en la red.
6. Disminución del riesgo de hurto de energía.
7. Automatización del proceso de lectura y reparto.
8. Automatización de los procesos de suspensión y reconexión del servicio

Con la implementación de estos sistemas de medidas inteligentes CEO mejora la confiabilidad, seguridad de la red y calidad del servicio, reduciendo pérdidas y localizando fallas mediante la integración con los sistemas SCADA y ADMS. Esta tecnología emplea la red de media y baja tensión como medio de comunicación usando el protocolo TWACS, cumpliendo con las funciones de sensor de presencia y ausencia de tensión, equipo receptor y emisor de comunicaciones, concentrador de datos y registro de variables eléctricas, conformando una solución integral.

El equipo

Para lograr una adecuada implementación de la estrategia de intervención se desarrolló un plan de articulación con actores internos de CEO, que implicaba la integración de capacidades técnicas, comerciales, jurídicas, de seguridad física, gestión social y comunicacional, dispuestas en 10 áreas de la compañía, y la alineación de esfuerzos, asignación de roles y ejercicios de retroalimentación.

Logros y beneficios

Al finalizar el año 2018, luego de 4 años de trabajo con las comunidades, se lograron los siguientes resultados:

- 41 asentamientos subnormales de la ciudad de Popayán, conformados por 2.685 predios, habitados por 12.000 personas aproximadamente, fueron normalizados.
- El recaudo pasó de ser 0 % a mantenerse en niveles superiores al 97% sobre lo facturado. Equivale a un recaudado mensual fue de 188 millones de pesos.
- 4.208 personas de los asentamientos intervenidos conocieron el proyecto y recibieron formación

directa en el uso eficiente del servicio de energía.

- El consumo medio de energía por usuario al mes se redujo en un 67% al pasar de 197 kWh/mes a 65 kWh/mes, mostrando un cambio sostenido en los hábitos consumo y uso eficiente de la energía adquiridos por los usuarios.
- \$3.500 millones fueron invertidos para la implementación de esta iniciativa, la cual incluyó 21 kms de redes eléctricas seguras y amigables con el medio ambiente y la infraestructura de medición avanzada.
- CEO entregó 8.000 bombillos ahorradores en Cambiación, que correspondió a una inversión de \$80 millones.

La puesta en marcha de la estrategia permitió beneficios para las partes CEO – usuario, descritas a continuación.

Beneficios para el usuario:

- El proyecto de normalización (redes, medida, acometidas, mano de obra) no tuvo ningún costo para el usuario; CEO, conociendo las condiciones socioeconómicas de la población intervenida, asumió el 76% del costo total del proyecto, el cual fue de \$3.500 millones, y el porcentaje restante lo gestionó ante el Ministerio de Minas y Energía.
- Mejora de la calidad de vida del usuario al contar con un servicio de energía de calidad y una disminución en el riesgo de accidentes eléctricos, debido a que las redes instaladas son aisladas y técnicamente adecuadas, seguras, amigables con el medio ambiente y cumplen con las normas técnicas.
- Dotación de bombillos ahorradores de energía donados por CEO y formación en uso eficiente del servicio de energía, que permite crear hábitos de consumo acordes a la capacidad de pago de cada usuario.
- No hubo suspensión del servicio de energía por no pago durante los tres primeros meses después de ser facturado, con el fin de que el cliente se adaptara al nuevo esquema.
- CEO castigó la cartera generada por los consumos en más de 15 años, con el compromiso que los usuarios empezaran a pagar por el servicio a partir de la fecha en que fueran normalizados.

Beneficios para CEO:

- Recaudo en 41 asentamientos en la ciudad de Popayán.



41 asentamientos subnormales de la ciudad de Popayán, conformados por 2.685 predios, habitados por 12.000 personas, fueron normalizados.

- No generación de cartera a partir de la fecha de normalización.
- Con la implementación de tecnología de punta (medidores inteligentes), los usuarios son telemedidos, lo que permite realizar de manera remota la gestión comercial, reduciendo costos operativos y manteniendo en niveles eficientes las pérdidas de energía.
- Negociación y concertación con comunidades en las zonas intervenidas, que permiten generar progreso y desarrollo conjunto, además de acercamiento en la relación con el usuario.

Para intervenir un asentamiento subnormal es necesario conocer las condiciones socioeconómicas y culturales de los mismos, con el fin de desarrollar estrategias asertivas orientadas a la sostenibilidad.

Debido a las características del entorno, CEO debió realizar ajustes en el desarrollo de las actividades de su estrategia, atendiendo las dificultades presentadas y generando actuaciones que incorporan innovaciones en el uso de tecnologías y esquemas de intervención a las comunidades.

Conclusiones

La estrategia propuesta e implementada por CEO permitió normalizar el servicio, entregarle a las comunidades energía eléctrica de calidad, oportuna y continua, facturar y recaudar por lo consumido.

La articulación con entidades y actores de comunidad fue clave para la aceptación y asimilación del proyecto.

Tanto las características novedosas de la red segura y medida inteligente implementadas, como las actividades de formación realizadas en uso eficiente, seguro y legal de la energía hacia las comunidades garantizan que la prestación del servicio sea continuo y de calidad en el tiempo.

Para garantizar la sostenibilidad de lo ejecutado, se requiere la construcción continua de lazos de confianza entre las partes. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ministerio de Minas y Energía, *Decreto 111 de 2012*, Bogotá, 2012.

ENERGÍA PARA UN MUNDO RURAL

Energy for a rural world

Marcela Bonilla

Asesora de la Dirección de la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME.
Contacto: marcela.bonilla@upme.gov.co

Resumen

La energía para zonas rurales debe partir de soluciones creativas que vean este recurso como un medio para mejorar la calidad de vida de las poblaciones más aisladas y no como un fin en sí mismas, según lo planteado en la agenda 2030 de las Naciones Unidas y en varias de sus metas (Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS).

Algunas propuestas y soluciones en áreas protegidas enseñan que, a través de una mejor comprensión de los requerimientos, realidades ecosistémicas, soluciones tecnológicas disponibles, que sean culturalmente aceptables y que involucren a las comunidades en su mantenimiento, los privados pueden interesarse en ser parte de estas soluciones, aprovechando los co-beneficios derivados. Estas soluciones energéticas deben ser menos intensivas en carbono, resilientes y adaptables a los fenómenos del clima, y que se generen a partir de recursos naturales renovables abundantes que existen en ciertas regiones tales como viento, sol, agua y biomasa. De esta manera, se podrán implementar proyectos energéticos para avanzar en la búsqueda de la cobertura universal del servicio de energía en Colombia, especialmente en zonas rurales.

Palabras clave: zona rural, biodiversidad, redes eléctricas, recurso hídrico.

Abstract

Energy for rural areas must be based on creative solutions that use this resource as a means of improving quality of life for the most isolated populations, and not as an end in themselves, as set out in the 2030 agenda of the United Nations and in several of its SDG's (Sustainable Development Goals).

Some proposals and solutions in protected areas have taught us that through a better understanding of the requirements, ecosystem realities, and available technological solutions that are culturally acceptable and that involve the communities in their maintenance, the private sector can be interested in being part of these solutions, taking advantage of derived co-benefits. These energy solutions must be less carbon intensive, resilient and adaptable to climate phenomena, and generated from the abundant renewable natural resources that occur in certain regions, such as wind, sun, water and biomass. In this way, energy solutions can be implemented to advance towards universal coverage of energy services in Colombia, especially in rural areas.

Key words: Rural areas, biodiversity, electricity networks, water resources.

Introducción

Colombia es un país considerado “megadiverso”, lo que significa que una pequeña porción del territorio global alberga un número de especies vivas proporcionalmente muy superior al de la mayoría de países del mundo. De acuerdo con Ortiz, Domínguez, Benavidez¹, *“con tan sólo el 0,8% de la superficie mundial, es considerado uno de los 17 países con mayor biodiversidad en el mundo. Colombia posee 18 regiones ecológicas, el mayor número en América Latina, así como 65 tipos de ecosistemas. Las cuencas de ríos como el Magdalena, Cauca y Amazonas crean importantes sistemas socio-ecológicos de agua y permitieron que la disponibilidad de los recursos hídricos per cápita en Colombia, en el 2007, fuera de 45,408 metros cúbicos, muy por encima del promedio mundial de 8,209 del mismo año”*.

Esta altísima diversidad biológica está sometida a múltiples factores de presión, naturales y antrópicos.

En nuestro país, la gran diversidad, contenida en los diferentes ecosistemas continentales y marinos, coincide con extensas zonas rurales, con presencia de población diseminada entre la que se encuentran minorías étnicas y comunidades campesinas.

La estrategia de conservación de estos ecosistemas y biodiversidad incluye las áreas protegidas bajo diferentes categorías de restricción y usos permitidos. En estas áreas tienen presencia comunidades campesinas, indígenas, afrodescendientes y raizales, entre otras.

Los requerimientos de soluciones energéticas en estas áreas varían según el tipo de actividad que allí se desarrolle: desde requerimientos de las sedes administrativas propiamente dichas de las áreas protegidas y para las actividades permitidas tal como el ecoturismo comunitario, hasta requisitos domésticos (energía mínima para el funcionamiento de aparatos básicos de una vivienda o comunidad pequeña) o para



Los requerimientos de soluciones energéticas en las áreas protegidas varían según el tipo de actividad que allí se desarrolle.
La Macarena, Meta.
Foto: IPSE.

1. Uso multipropósito del agua e implicaciones_2019_SP

Planes de Energización Rural Sostenible (PERS)

Desde el 2012, el Gobierno Nacional viene adelantando los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) que buscan identificar el potencial y la demanda energética de zonas con índice de ruralidad superior al 40%, con el objetivo de identificar los posibles proyectos de generación de energía que se podrían desarrollar en estos territorios, y otras iniciativas productivas que se apalancarían de estas fuentes de energización.

De acuerdo con el documento *“Guía para elaboración de un Plan de Energización Rural Sostenible”* de la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME, los PERS son una iniciativa desarrollada por la UPME, con el apoyo del Programa de Energía Limpia para Colombia de USAID, los cuales tienen la finalidad de recolectar y analizar información socioeconómica y energética en las áreas rurales e impulsar iniciativas que permitan el desarrollo de proyectos encaminados a la solución de problemáticas energéticas en estos sectores.

Los Planes de Energización Rural Sostenible -PERS- son el resultado de un esquema de trabajo regional e interinstitucional que tiene como propósito unir esfuerzos en la búsqueda del fortalecimiento de las regiones y la descentralización del conocimiento, con el liderazgo, en lo posible, de la academia. Los PERS buscan, de una manera gradual y segura, garantizar la sostenibilidad de los proyectos, en procura de elevar el nivel de calidad de vida de los habitantes de estas zonas y sobre todo impulsar su desarrollo local, estableciendo lineamientos de política energética local que brinden una hoja de ruta a cada región en particular.

El principal objetivo de los PERS es *“identificar las necesidades de energía en las localidades rurales del departamento o región”* indica la UPME en su guía. Esto se logra a partir de la recopilación de información con la que se cuenta desde el lado de la demanda y del suministro actual de energía (información secundaria), de identificar las fuentes energéticas locales aprovechables (información de oferta energética), de caracterizar la demanda de energía rural (encuestas y base de datos), de estructurar y elaborar proyectos integrales y sostenibles en el corto, mediano y largo plazo con horizonte de 15 años (banco de proyectos) y de proponer una estrategia de política pública energética aplicable que permita ligar energía con productividad, desarrollo empresarial comunitario e incrementar la calidad de vida de las regiones más apartadas (Lineamientos de Política).

Al presente (primer) semestre de 2019, el proyecto ha desarrollado PERS para los departamentos de La Guajira, Tolima, Nariño, Chocó, Cundinamarca, Norte de Santander, Cesar, Putumayo y para la región de la Orinoquia que incluye a Arauca, Meta, Casanare y Vichada.

actividades productivas compatibles con los planes de manejo de las zonas protegidas o de sus zonas aledañas de amortiguación.

Por tratarse de asentamientos, muchas veces aislados de las redes eléctricas, alejados en la geografía rural del país, las soluciones energéticas apropiadas deben responder a criterios ambientales, culturales, tecnológicos y económicos, entre otros.

En la medida en que la solución se integre adecuadamente al ordenamiento y uso del área protegida o aledaña, a la cultura de la comunidad y al entorno, tendrá una mayor aceptación y un mayor factor de éxito y de sostenibilidad en el tiempo.

Se debe procurar que la solución energética contribuya, igualmente, a promover soluciones de sustento económico para aquellas comunidades que se dedican (o podrían dedicarse) a actividades como el ecoturismo, el aprovechamiento y uso sostenible de recursos de la biodiversidad, la agricultura o cría sostenible de animales, agroforestería, piscicultura, acuicultura, pesca artesanal, manufactura de artesanías, entre otras.

En este sentido, las normas y permisos requeridos para estas soluciones energéticas y de sustento en áreas protegidas y en zonas de amortiguación aledañas deben flexibilizarse de tal manera que no incentiven su ocupación o transformación negativa sino, por el contrario, que contribuyan a brindar una mejor calidad de vida a quienes las habitan, a la vez que se protege el medio ambiente. De esta forma, se disminuirá la presión para obtener recursos naturales como madera para cocinar u otros recursos para la economía de sustento a partir de la tala de la vegetación o de la extracción de elementos de la biodiversidad de manera insostenible.

Un ejemplo del manejo especial de la energía en áreas protegidas lo tiene Parques Nacionales de Colombia, que ha venido identificando los requerimientos energéticos de las sedes administrativas, al igual que para actividades como el ecoturismo comunitario y para las necesidades de comunidades étnicas (indígenas y afrodescendientes) y campesinas asentadas en los parques desde antes de su declaratoria, así como de este mismo tipo de comunidades asentadas en áreas de amortiguación aledañas a los parques nacionales.

Parques Nacionales viene avanzando en identificar los requerimientos energéticos y está investigando las posibles fuentes de suministro de energía a través de fuentes no convencionales disponibles, entre éstas, solar, eólica, biomasa o pequeños aprovechamientos hidráulicos, al igual que sistemas híbridos con combustibles fósiles tales como diésel.

De igual forma, Parques Nacionales viene adelantando, en alianza con la Universidad de los Andes, un piloto sobre electro-movilidad acuática con motores eléctricos e híbridos fuera de borda para actividades permitidas en áreas protegidas tales como ecoturismo, avistamiento de aves y ballenas, recorrido por los manglares, entre otras.

Parques Nacionales busca igualmente con esta gestión, fomentar el ecoturismo comunitario y otras alternativas

productivas sostenibles, como aporte al desarrollo local en zonas apartadas y con pocas oportunidades de empleo.

Entre las actividades que adelanta Parques Nacionales, en alianza con el Ministerio de Ambiente, se puede mencionar los diagnósticos de requerimientos energéticos en los parques seleccionados y zonas de influencia; la selección de fuentes de energía de las áreas protegidas y sus zonas de influencia; la formulación de proyectos y el diseño de soluciones energéticas; y la identificación de fuentes de financiación.

Dado el interés común de Parques Nacionales, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), de encontrar y proveer soluciones energéticas adecuadas



Un ejemplo del manejo especial de la energía en áreas protegidas lo tiene Parques Nacionales de Colombia, que ha venido identificando los requerimientos energéticos de las sedes administrativas, al igual que para actividades como el ecoturismo comunitario, entre otras.
Foto: José Eddy Torres, editor invitado.

Las soluciones energéticas, que ven la energía como un medio para mejorar la calidad de vida de las poblaciones más aisladas y no como un fin en sí misma, se enmarcan en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas. Foto: Ministerio de Minas y Energía. Fotógrafo: Cesar Nigrinis.



para zonas ambientalmente sensibles, las entidades suscribirán una alianza en 2019.

Con esta alianza se busca identificar estrategias, proyectos y fuentes de financiación para soluciones energéticas a 1.167 familias campesinas asentadas en zonas de amortiguación de los parques ubicadas en Amazonía, Meta, Andes Nororientales, Andes

occidentales, Caribe y Pacífico, a través de diferentes estrategias y figuras tales como los acuerdos de sistemas sostenibles de conservación; de restauración o en los distritos especiales de manejo.

A través de estrategias especiales de manejo se busca encontrar soluciones energéticas culturalmente adecuadas para 1.036 familias de comunidades étnicas

(indígenas y afrodescendientes) ubicadas en el Valle, Chocó, Amazonas, La Guajira, Putumayo, Bolívar, Cauca, Córdoba y Vichada. Entre el tipo de actividades consideradas está el ecoturismo, la fabricación de artesanías y otras actividades productivas de bajo impacto.

Otra estrategia que debe considerarse en un mundo cada vez más poblado y con mayor presión sobre los recursos naturales como el agua es la de proyectos multi-uso (por ejemplo los embalses), que brinden soluciones para diversos usos como el energético, suministro de agua, irrigación para la alimentación, agua para cría de animales, turismo, acuicultura, transporte, entre otros.

Este tipo de soluciones multi-propósito debe lograrse a través de la concertación entre diversos actores con intereses muchas veces encontrados. La concertación implicará reglas mínimas de diálogo y de encuentro, culturales, lingüísticas, étnicas, de género, económicas y territoriales.

Entre las externalidades positivas de los proyectos multi-propósito se encuentra un mayor beneficio social por el cierre de brechas, a través de la distribución de beneficios provenientes de diferentes actividades económicas compatibles.

Conclusiones

Los retos para el desarrollo de este tipo de proyectos tienen que ver con problemas de planificación (carencia de visión de largo plazo), de participación inadecuada de actores, de arreglos institucionales existentes que limitan su desarrollo, de políticas públicas y normatividad existente o ausente, falta de esquemas integrales e intersectoriales de financiamiento (la mayoría de veces la financiación es de carácter sectorial), en los que no se tiene claridad acerca de la repartición de cargas y beneficios, ni de quiénes los deberían asumir o recibir, así como falta de seguridad jurídica para los privados que hacen inversiones. La falta de información confiable a la escala requerida sigue siendo un factor limitante para

este tipo de proyectos multi-propósito (por ejemplo, la falta de un catastro multi-propósito).

Las soluciones creativas deberán pasar por una mejor planificación del agua y del territorio, más integral y de largo plazo; con procesos de educación y sensibilización de actores; concertación multi-cultural e interdisciplinaria; con reconocimiento de las culturas, saberes tradicionales y necesidades locales; fortalecimiento institucional para una gestión integrada de los recursos naturales renovables que responda a intereses nacionales, regionales y locales de diversa escala, con un marco normativo adaptable al tipo de escala y de comunidad, con esquemas financieros innovadores que permitan tomar en consideración los co-beneficios derivados de este tipo de proyectos y vincular a los privados en su ejecución, con leyes que hagan atractivos e incentiven este tipo de proyectos y que destinen recursos públicos para ello, con sistemas de información de fácil consulta y libre acceso que promuevan el intercambio de experiencias y lecciones aprendidas.

De esta manera, se avanzará en la cobertura universal del servicio de energía en Colombia, especialmente en zonas rurales, a través de una mejor comprensión de los requerimientos, realidades ecosistémicas, soluciones tecnológicas disponibles, culturalmente aceptables, involucrando a las comunidades en su mantenimiento, haciendo que los privados se interesen en ser parte de estas soluciones, aprovechando los co-beneficios derivados, incluyendo aquellas soluciones menos intensivas en carbono y resilientes y adaptables a los fenómenos del clima, con el uso de recursos naturales renovables abundantes en ciertas regiones tales como el viento, el sol, el agua y la biomasa.

Este tipo de soluciones energéticas, que ven la energía como un medio para mejorar la calidad de vida de las poblaciones más aisladas y no como un fin en sí misma, se enmarca en la agenda 2030 de las Naciones Unidas y contribuye al cumplimiento de varias de las metas sociales, ambientales y económicas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). ●

Recuadro 2.
Cobertura de energía eléctrica 2016.
Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano (SIEL).

DEPTO	TOTAL USUARIOS	TOTAL VIVIENDAS	ICEE ² TOTAL	VSS ³ TOTAL
Amazonas	13.711	19.243	71,25%	5.532
Antioquia	2.100.639	2.122.028	98,99%	21.389
Arauca	70.465	78.763	89,46%	8.298
Atlántico	632.130	632.823	99,89%	693
Bogotá	2.282.416	2.282.453	100,00%	37
Bolívar	547.392	557.612	98,17%	10.220
Boyacá	416.144	428.144	97,20%	12.000
Caldas	294.064	294.665	99,80%	601
Caquetá	93.602	122.353	76,50%	28.751
Casanare	121.899	128.609	94,78%	6.710
Cauca	359.333	396.090	90,72%	36.757
Cesar	315.212	320.386	98,39%	5.174
Chocó	134.551	162.024	83,04%	27.473
Córdoba	434.456	439.005	98,96%	4.549
Cundinamarca	961.409	972.438	98,87%	11.029
Guainía	9.673	13.330	72,57%	3.657
Guaviare	17.600	27.138	64,85%	9.538
Huila	365.702	379.324	96,41%	13.622
La Guajira	159.396	221.324	72,02%	61.928
Magdalena	384.996	391.041	98,45%	6.045
Meta	278.725	314.875	88,52%	36.150
Nariño	461.428	471.509	97,86%	10.081
Norte de Santander	394.996	412.382	95,78%	17.386
Putumayo	72.464	103.199	70,22%	30.735
Quindío	157.006	164.204	95,62%	7.198
Risaralda	281.834	281.949	99,96%	115
San Andrés y Providencia	20.810	20.810	100,00%	0
Santander	688.067	697.875	98,59%	9.808
Sucre	225.346	227.502	99,05%	2.156
Tolima	423.680	435.214	97,35%	11.534
Valle	1.196.857	1.217.610	98,30%	20.753
Vaupés	5.004	7.021	71,27%	2.017
Vichada	9.498	15.259	62,25%	5.761
	13.930.505	14.358.202	97,02%	427.697



Descargue aquí la Guía para la elaboración de un PERS.

2. Índice de Cobertura de Energía Eléctrica.
3. VSS: Viviendas Sin Servicio.



RECOMENDACIÓN PARA LA REFORMA INSTITUCIONAL DEL SECTOR ELÉCTRICO PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – ZNI

Recommendations for Institutional Electric Sector Reform for Non-Interconnected Areas – NIA

Rutty Paola Ortiz Jara

Exviceministra de Energía. Exsuperintendente de Servicios Públicos Domiciliarios.
Contacto: rortizjara@hotmail.com

Resumen

En las zonas rurales de Colombia coinciden los principales retos de la política pública estatal. En el caso de energía, en las Zonas No Interconectadas - ZNI, convergen las necesidades de universalizar el acceso a la energía, mejorar la calidad del servicio, introducir fuentes renovables y generar proyectos ambiental y socialmente sostenibles. Para cumplir los propósitos del Estado, el sector requiere una institucionalidad robusta, con capacidad técnica para lograr que la ejecución de la política se traduzca en proyectos concretos que deriven en el bienestar de las comunidades y en el desarrollo de los territorios. Para esto se requieren instituciones especializadas, instancias y procedimientos claros y confiables, coordinación de las fuentes de financiación y el manejo adecuado de la información.

Palabras clave: política pública, institucionalidad, capacidad técnica, Zonas No Interconectadas.

Abstract

In Colombia's rural areas, the main challenges of state public policy converge. In the case of energy, at the Non-Interconnected Areas - NIA, the needs to universalize access to energy, improve service quality, and introduce renewable sources converge and generate environmentally and socially sustainable projects. To fulfill the purposes of the State, the sector requires a robust institutional, with the technical capacity to ensure that policy is translated into concrete projects that create well-being for the communities and development for the territories. For this purpose, specialized institutions, clear and reliable entities and procedures, coordination among funders and adequate information management are required.

Key words: public policy, institutional, technical capacity, Non-Interconnected Areas.

Introducción

Este artículo surge con ocasión de la invitación de la *Revista de Ingeniería* para presentar los resultados del trabajo denominado “Recomendación para la Reforma Institucional del Sector Eléctrico para las Zonas No Interconectadas (ZNI)”, en el Foro *‘Energía para un nuevo país rural’*.

Este trabajo, que tuve el honor de coordinar, contiene las propuestas concretas para reorganizar la institucionalidad de manera que esta facilite, promueva y garantice el cumplimiento de los objetivos de la política pública energética en las Zonas No Interconectadas (ZNI) del país. El equipo estuvo conformado por el experto jurídico, José Fernando Plata Puyana y el experto técnico-regulatorio, César Augusto Peñalosa Pabón¹. Los tres coincidimos en realizar un análisis técnico acompañado de una gran pasión por lo público, por el sector energético y por el país.

Hoy el mundo está focalizando sus esfuerzos en lograr un desarrollo que potencie el bienestar humano procurando la sustentabilidad del planeta, y Colombia no es la excepción. Los objetivos del sector energético concuerdan con la visión mundial de lograr una energización universal y de calidad, diversificación de la matriz energética y adaptación al cambio climático, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los compromisos de reducción de gases efecto invernadero.

Nuestro trabajo consistió en proponer los ajustes a la institucionalidad que en la actualidad tiene a cargo la tarea

titánica de definir y ejecutar la política pública que logre los objetos mencionados.

Para ello, hay que tener en cuenta que en Colombia la cobertura de energía eléctrica se encuentra alrededor del 97%. El reto es llevar energía a ese 3% restante que coincide con zonas dispersas con altos niveles de necesidades básicas insatisfechas. A esto se suma que cerca del 50% de las Zonas No Interconectadas – ZNI, cuentan con menos de 12 horas diarias de servicio y la generación se realiza principalmente con diésel que además de costoso es altamente contaminante.

Con este contexto, el trabajo se concentró en analizar las condiciones actuales y proponer las reformas a la política, a la estructura institucional, a los mecanismos de financiación y a los sistemas de información como elementos necesarios e interconectados del marco institucional de la política pública para las ZNI.

Diagnóstico

Al revisar la institucionalidad se encontró que el grueso de la política pública de energización se desarrolla a través de proyectos. Sin embargo, no hay una organización estatal que responda a esa lógica y en consecuencia existe traslape en las funciones propias de un proyecto público: estructuración, viabilización y ejecución, entendida como contratación y seguimiento, como se ve en el siguiente cuadro²:

ENTIDAD	DEFINICIÓN POLÍTICA	PLANEACIÓN	ESTRUCTURACIÓN PROYECTOS	VALORIZACIÓN DE PROYECTOS	APROBACIÓN DE RECURSOS	CONTRATACIÓN PROYECTOS	SUPERVISIÓN E INTERVENTORIA	REGULACIÓN TÉCNICA	REGULACIÓN ECONÓMICA	INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL
MINENERGÍA	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
DNP	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
UPME		✓		✓	✓					
IPSE		✓	✓	✓		✓	✓			
CREG									✓	
SUPER SERVICIOS										✓
E. TERRITORIALES			✓	✓	✓	✓	✓			
PRIVADOS		✓	✓			✓				
COMUNIDADES			✓							

Tabla 1.
Mapa Institucional ZNI.
Fuente: elaboración propia.

1. La consultoría contó con el apoyo de Liliana García Velásquez y Sebastián Solarte Caicedo.

2. En la función de aprobación no se presenta traslape; se trata de decisiones colegiadas en la que intervienen distintas entidades.

El traslape señalado conlleva a una baja especialización de las funciones repartidas y repetidas en las entidades analizadas. La consecuencia natural de la pluralidad de actores es la multiplicidad de instancias, procedimientos y requisitos para lograr la viabilización y ejecución de los proyectos del sector con el mismo fin. Esto es, un proyecto de aumento de cobertura debe cumplir las condiciones que se le exigen según la entidad y la fuente y no según su finalidad. Esto le resta transparencia al proceso y genera riesgos de aprobación de iniciativas ineficientes, o de desaprobación de proyectos idóneos.

Cabe señalar que el sector cuenta con tres fondos que tienen la función de financiar proyectos en las ZNI: el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas – FAZNI, el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía – FENOGE y el Fondo para el Desarrollo del Plan Todos Somos PAZcífico. A estos se suman otras fuentes que pueden orientarse a proyectos en las ZNI, como el Sistema General de Regalías y Obras por Impuestos.

De otro lado, en la Tabla se evidencia el gran protagonismo que tiene el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

– IPSE, con una concentración excesiva de roles que afecta el equilibrio de pesos y contra pesos que debe tenerse.

Así mismo, se identificaron falencias en la información disponible tanto para formular los planes integrales, como para gestionar proyectos y activos en las ZNI. Este déficit de información afecta incluso la capacidad del Estado de hacer un seguimiento apropiado a la prestación del servicio en las ZNI.

Reformas propuestas

Con este panorama, el desafío que representa aumentar la cobertura y mejorar la calidad en la prestación del servicio público de energía en las ZNI, con introducción de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER, implica que el sector, en materia institucional, cuente con: i) Instancias y criterios claros de definición política, planificación, gestión, ejecución y supervisión de proyectos; ii) Gestión de recursos, articulando las fuentes del sector y ampliando el acceso a otros mecanismos de financiación que están disponibles; y; iii) Información oportuna y de calidad. Todas estas condiciones se deben dar dentro del marco de una política pública propicia.

En Colombia cerca del 50% de las Zonas No Interconectadas –ZNI– cuentan con menos de 12 horas diarias de servicio y la generación se realiza principalmente con diésel.

Foto: CCEP/USAID.
Fotógrafo: Hanz Rippe.



Con base en el diagnóstico, la propuesta general es simplificar y especializar instancias, recursos e instrumentos con un adecuado sistema de gestión de riesgos que garantice la robustez técnica de las actuaciones estatales, transparencia en los procesos, y un efectivo sistema de pesos y contrapesos.

Propuestas de política pública

Como se mencionó, en las ZNI coinciden en un alto porcentaje territorios de altos niveles de necesidades básicas insatisfechas y también con zonas de postconflicto. Allí convergen varios intereses y fines de la política estatal, además de los objetos concretos de la política de energización.

Por las complejidades físicas y logísticas de las ZNI, la manera más eficiente de atender a los colombianos que se encuentran en esas áreas aisladas es una acción conjunta del Estado. En el marco de una política integral para consolidar la presencia estatal en el territorio nacional, la cobertura universal de energía no solo cobra protagonismo, sino que encuentra una mejor oportunidad de ejecución. Por eso, la primera conclusión resulta en la necesaria coordinación de las instancias institucionales que llegan a las ZNI.

El momento histórico que vive el país al “recuperar” para la legalidad territorios afectados por el orden público implica también la responsabilidad de llevar bienestar a esos colombianos, de construir tejido social, sentido de pertenencia y transformar los modelos de desarrollo de las áreas afectadas por la violencia. Por esto, los elementos articuladores alrededor del posconflicto como los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial -PDET, así como los esquemas que está proponiendo el Gobierno para la ejecución de regalías, representan un marco propicio para lograr esa coordinación estatal en lo local.

De otro lado, si bien el objeto de nuestro trabajo fue el marco institucional para lograr los objetivos de política de energización en las ZNI, es innegable que el mayor desafío de esta política es la sostenibilidad de la prestación del servicio, por lo que se deben facilitar las condiciones normativas y regulatorias para que más actores puedan intervenir y para que esquemas innovadores puedan surgir incluso en una transformación de modelos desde

el territorio, o propuestas de administración y gestión multisectorial no solo entre distintos energéticos, sino entre distintos servicios esenciales.

Propuestas sobre el marco institucional: instancias y criterios claros

En cuanto al marco institucional las recomendaciones son claras: el aumento de cobertura de energéticos se logrará a través de proyectos de infraestructura y esquemas sostenibles de prestación. Para ello se necesitan capacidades institucionales acorde con el desarrollo de proyectos. En ese sentido, se propone fortalecer y especializar a las entidades del sector.

Un único planificador – viabilizador: el sector cuenta con un Planificador Integral. Por lo tanto, no tiene sentido que existan funciones de planificación dispersas en otras entidades, salvo las propias del rector de la política (MinEnergía) quien adopta el plan y el Departamento Nacional de Planeación-DNP- que articula el Plan Nacional de Desarrollo -PND- y le hace seguimiento. En ese sentido, la Unidad de Planificación Minero Energética- UPME- es la llamada a formular de manera exclusiva los instrumentos de planificación del sector y, dicho sea de paso, su capacidad técnica en esa materia está probada.

De otro lado, así como en la Nación el DNP tiene la función de articular el PND y posteriormente viabiliza los proyectos de inversión del Estado para garantizar la coherencia de estos con las metas del Plan, así, la UPME debe tener, en forma exclusiva, la función de viabilización de los proyectos del sector para garantizar su coherencia con lo planificado.

Adicionalmente, contar con un viabilizador exclusivo garantiza la uniformidad de criterios respecto del universo de proyectos a ejecutarse, da claridad y transparencia ante los interesados y facilita el sistema de control de riesgos en el sector.

Entidad estructuradora y ejecutora de proyectos: se requiere una entidad especializada con robustez técnica y eficiencia administrativa que desarrolle la función fundamental para lograr las metas propuestas en el sector: la estructuración y ejecución de proyectos viables. Esta es la entidad llamada a

llevar energía eléctrica a esas 500.000 familias que hoy no la tienen; es el brazo ejecutor del sector y tiene la misión de convertir en realidad los planes y las metas, que incluyen mejoramiento de calidad e introducción de renovables.

Para ello, es necesario crear una entidad con las capacidades mencionadas, lo cual requiere trámite de ley o hacer una reforma profunda al IPSE que es la entidad llamada a jugar ese rol protagónico en las ZNI. Cabe señalar que, en la actualidad, el IPSE viene haciendo esfuerzos ingentes por reorganizar del Instituto para el logro de sus fines. Sin embargo, la reforma que requiere supera las competencias de la propia entidad por lo que deben activarse los mecanismos de reestructuración con los que cuenta el Estado, bien se elija la opción de tramitar una ley ante el Congreso o bien se realice con las facultades propias del Ejecutivo para reorganizar sus entidades y para crear y eliminar funciones.

Lo fundamental de la propuesta consiste en contar con una entidad robusta y experta en la estructuración, directamente o a través de asistencia técnica a los postulantes, y en la ejecución de los mismos, entendida como la contratación y el seguimiento de los proyectos. Para ello, analizamos entidades del Estado para

aprovechar las mejores prácticas existentes, así como el aprendizaje por los errores cometidos.

Solo mencionaré que las experiencias a seguir las encontramos principalmente en la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y la reciente reforma que dio lugar a ENTerritorio. Con base en ese análisis se propone una estructura interna similar a la de la ANI, que cuente con un área especializada en estructuración, una en contratación y una de seguimiento, respondiendo a la lógica de proyectos tal como se requiere. Adicionalmente, se sugiere un área fundamental transversal a todas, el área de planeación de riesgos y entorno, que tiene a su cargo probablemente una de las funciones más trascendentales para la viabilidad de los proyectos, la relación con las comunidades desde la estructuración misma de las iniciativas.

En el sector está probado, gracias a los Planes de Energización Rural Sostenible -PERS, que los proyectos se deben estructurar, ejecutar y operar, reconociendo las particularidades locales, las costumbres, usos, potencial de desarrollo para que sean exitosos. El área de Planeación, Riesgos y Entorno, tiene a su cargo lograr esta participación activa y positiva para el adecuado desarrollo de los proyectos.

Figura 4.
Organigrama funcional ciclo de vida del proyecto IPSE* o nueva entidad³.
* Reestructurado.
Fuente: elaboración propia.



3. El organigrama se estructura con áreas, debido a que su denominación depende de la naturaleza jurídica de la entidad que se cree.

Con esta reforma, incluso en el mediano y largo plazo debe revisarse la pertinencia de que esta entidad se convierta en el exclusivo ejecutor de proyectos públicos de energización (energía eléctrica y gas, entre otros). Para ello, claro está, se debe consolidar la competencia de la entidad para incrementar su relevancia interna y su capacidad de influir en las decisiones del sector.

Reforma a los mecanismos de financiación: gestión eficiente de recursos y articulación de fuentes

En las bases del PND el Gobierno reconoce la necesidad de articular los fondos que pueden financiar los proyectos de energización. Una mirada de largo plazo permite sugerir que se unifiquen, ya que las finalidades estatales son claras y consistentes en el sector, pero eso implica modificaciones legales que llevan tiempo.

Como medidas de corto y mediano plazo proponemos crear una ventanilla única en cabeza de la entidad encargada de la estructuración, y la creación de un banco de proyectos que cumplan con los criterios unificados de estructuración y viabilidad.

Al tener la función de estructuración y asistencia técnica centralizada en una entidad, se promueve la especialización en esas tareas, de manera que a través de una ventanilla única se reciban todas las iniciativas de proyectos, y se ofrezca la asistencia técnica que requieran los interesados. Así mismo, tener un área encargada de recibir los proyectos permitirá gestionar su financiación considerando los diferentes criterios de priorización de las fuentes disponibles y promover cofinanciaciones cuando haya lugar.

Adicionalmente, gestionar los proyectos a través de una base de datos confiable y pública, brinda transparencia para los interesados, y le da al Estado mayor control para evitar duplicidades o que quede sin financiamiento una iniciativa viable. A través de esta instancia se logrará la articulación de las distintas fuentes que existen para el logro de las metas de energía en ZNI.

Reforma a los sistemas de información: oportunos y de calidad

Como se mencionó en el diagnóstico, se requiere información oportuna y de calidad, para el desarrollo de una política acertada desde su planificación sectorial hasta la operación exitosa del servicio, para lo cual se recomendó crear un gestor de la información que

proporcione a todas las entidades lo que requieran para el cumplimiento de sus fines. Esta figura debe ser creada por el regulador y estar sometida a la inspección, vigilancia y control de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Entretanto, se implementa esta solución, el Gobierno puede explotar mejor la plataforma del SICME que administra la UPME, de manera que se pueda disponer de toda la información sobre ZNI en un solo lugar.

Conclusiones

Para que el sector pueda responder de manera adecuada a los retos que tiene, necesita reforzar sus capacidades técnicas para estructurar y ejecutar los proyectos que van a llevar energía a los colombianos que hoy no la tienen o la reciben en condiciones de calidad insuficientes.

Simplificar las instancias a las que los interesados deben acudir, unificar los criterios de presentación, estructuración y viabilización de proyectos, armonizar y generar complementariedades entre las fuentes de financiación disponibles y disponer de información confiable, si bien parecen condiciones obvias, son las que hoy adolece la institucionalidad.

Es evidente que llegar a las zonas que aún no tienen energía representa un sinnúmero de desafíos, pero el momento está lleno de oportunidades. El Gobierno ha propuesto en el Plan de Desarrollo las transformaciones fundamentales que se requieren y la política cuenta con diversidad de recursos y actores que se pueden articular para lograr un aumento de cobertura sostenible financiera, ambiental y socialmente.

Este trabajo es una contribución para que el sector energético logre sus metas de aumentar cobertura, mejorar calidad, introducir fuentes renovables no convencionales y reducir gases efecto invernadero. Pero aún más importante, esperamos que contribuya a que se hagan realidad los proyectos que van a llevarle energía eléctrica a los más de 500.000 hogares que hoy no la tienen, para que este recurso pueda ser ese motor de desarrollo y transformación de esos colombianos que aún lo esperan. ●

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. "Guía para la formulación e implementación de políticas públicas del Distrito". 2017.
- Banco Interamericano de Desarrollo – EY. "Consultoría Diagnóstico y análisis regulatorio para los proyectos con FNCER en zonas aisladas - Consultoría para el análisis, estructuración y formulación de modelos que garanticen la sostenibilidad de proyectos de FNCER, con el fin de facilitar la evaluación de proyectos del Plan Todos Somos PAZcífico". 2018.
- Banco Interamericano de Desarrollo. "Análisis del esquema de Seguimiento y control por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios". 2018.
- Banco Interamericano de Desarrollo. "Consultoría para apoyo en Asociaciones Público Privadas -APP- para Zonas No Interconectadas en Colombia". 2017.
- Banco Mundial – NREC. "Plan de Acción para completar la electrificación en el departamento de La Guajira". 2018.
- Colombia Compra Eficiente. "Guía para los Procesos de Contratación de obra pública". 2016.
- Colombia Humanitaria. "Estudio de Caso Colombia Humanitaria". 2014.
- Departamento Administrativo de la Función Pública – DAFP. Guía para el rediseño de entidades públicas del orden nacional en Colombia. 2014.
- Departamento Nacional de Planeación. "Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022".
- Departamento Nacional de Planeación. "ABC de la viabilidad. Criterios para dar viabilidad a un proyecto de inversión pública". 2017.
- Departamento Nacional de Planeación. "Documento Conpes 3867. Estrategia de preparación institucional para la paz y el posconflicto". 2016.
- Departamento Nacional de Planeación. "Documento Conpes 3932. Lineamientos para la articulación del Plan Marco de Implementación del Acuerdo Final con los instrumentos de planeación, programación y seguimiento a políticas públicas del orden nacional y territorial". 2018.
- Departamento Nacional de Planeación. "Guía de apoyo para la formulación de proyectos de inversión pública y diligenciamiento de la MGA."
- Departamento Nacional de Planeación. Nota técnica 2 – el concepto de valor por dinero (VPD) y el comparador público privado (CPP), 2016.
- FONADE. El nuevo FONADE como aliado de las regiones: Estructuración de proyectos, febrero de 2019.
- Ian Ayres y John Braithwaite. "Responsive Regulation: Transcending the Deregulation Debate". Oxford Socio-Legal Studies. Oxford University Press. 1992.
- Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energética - Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas. "Plan Nacional de Electrificación Rural 2018-2031". Borrador del 12 de julio de 2018.
- Ministerio de Minas y Energía. "Manual Operativo del FENOGGE, Resolución 41407 de 2017".
- Ministerio de Minas y Energía. "Manual para presentar, seleccionar, financiar o ejecutar planes, programas o proyectos necesarios para el cumplimiento de metas o programas nacionales o que se consideren estratégicos por su afectación económica y social, las actividades de fomento, promoción, estímulo e incentivo y la asistencia técnica". 2018.
- OCDE. Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE y del G20. 2016.
- Proyecto de ley No. 311/2019 de Cámara y 227/2019 de Senado, *por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*, 2019.
- Ponencia para primer debate. Proyecto de ley No. 311/2019 de Cámara y 227/2019 de Senado, *por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*, 2019.
- Project Management Institute – PMI. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®). 2013.
- PPIAF - Banco Mundial. Propuestas institucionales para la Agencia Nacional de Infraestructura. 2011.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Concepto de la Oficina Jurídica. "Boletín Jurídico No. 2". 2018
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. "Diagnóstico Calidad del servicio en ZNI 2017". 2018
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Presentación "Fortalecimiento Energético en las ZNI", realizada en Cali el día 21 de junio de 2018.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. "Zonas no Interconectadas – ZNI: Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica 2016". 2017
- Unidad de Planeación Minero Energética. "Guía metodológica para la estructuración y presentación de proyectos que buscan acceder a los diferentes fondos de apoyo financiero de los sectores de energía y gas". 2013.
- Unidad de Planeación Minero Energética. "Guía para la Elaboración de un Plan de Energización Rural Sostenible". 2015.
- Unidad de Planeación Minero Energética. "Plan Indicativo de Expansión de Cobertura PIEC 2016-2020". 2016.
- Unidad de Planeación Minero Energética-Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas-Universidad Francisco José de Caldas. "Recopilación de información de fondos de financiación de proyectos a nivel nacional e internacional". 2016.



Foto: Ministerio de Minas y Energía.
Fotógrafo: Cesar Nigrinis.

“UN PUEBLO SIN ENERGÍA ES UN PUEBLO SIN DESARROLLO”: HAROLD VALENCIA

“A town without electricity is a town with no development”: Harold Valencia

La isla de Punta Soldado, en el Pacífico colombiano, se ha convertido en ejemplo en la implementación de sistemas alternativos de energía operados por la propia comunidad.

Aunque de acuerdo con la ‘Metodología para la Estimación del Índice de Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica’, ICEE, de la UPME, en Colombia la cobertura eléctrica alcanzó el 97% de las viviendas en el 2016, La Guajira, el Pacífico y el sur oriente del país, son algunas de las regiones que aún registran mayores rezagos frente a la prestación del servicio. Muchas de estas áreas pertenecen a las Zonas No Interconectadas (ZNI), caracterizadas por su baja densidad poblacional, lejanía del Sistema Nacional Interconectado (SIN), y difícil acceso, entre otros.

En localidades nucleadas en estas regiones apartadas, la prestación del servicio ha dependido, en gran medida, de plantas diésel suministradas con presupuesto público y operadas, algunas horas al día, con combustible subsidiado por la Nación. Solo en años recientes, a raíz de la aprobación de la Ley 1715 sobre energía renovable en el 2014, se contempla la inversión en sistemas alternativos e híbridos de energía. Pero, ¿qué tan viable es la energía solar como alternativa de generación eléctrica en regiones tan nubladas y lluviosas como la zona de Buenaventura, donde según los mapas del IDEAM la precipitación anual fluctúa entre 7.000 y 9.000 mm comparada con la soleada Guajira (menor a 1.000 mm)?

El corregimiento de Punta Soldado, ubicado a 45 minutos en lancha del municipio de Buenaventura, Valle del Cauca, era una de esas poblaciones que solo gozaba del suministro de energía de cuatro a cinco horas al día, esto cuando sus habitantes contaban con los recursos suficientes para comprar el diésel con el que funcionan las tradicionales plantas eléctricas que se usan en la mayoría de territorios que no cuentan con la cobertura del servicio de energía.

Sin embargo, esta historia estaba a punto de cambiar gracias al proyecto promovido por el ‘Programa de Energía Limpia para Colombia, CCEP, de USAID, que con el apoyo de la empresa privada Celsia y su filial Empresa de Energía del Pacífico, EPSA, cofinanciaron la implementación de un sistema híbrido de energía solar-diésel-batería que iluminó la vida de los habitantes de esta isla del Pacífico, desde que entró en operación en julio de 2016.

El proyecto fue concertado entre la comunidad, CCEP y EPSA antes de que la Ley 1715 le permitiera al Gobierno contemplar inversiones en sistemas híbridos y, por tanto, no involucró presupuesto ni injerencia estatal. Esto facilitó incluir la adecuación y normalización de las instalaciones internas y acometidas tanto de



CCEP, de USAID, con el apoyo de la empresa privada Celsia y su filial Empresa de Energía del Pacífico, EPSA, cofinanciaron la implementación de un sistema híbrido de energía solar-diésel-batería que iluminó la vida de los habitantes de esta isla del Pacífico.

todas las viviendas como de las demás edificaciones institucionales, la dotación de bombillos y de luminarias públicas LED, así como un fuerte componente de organización social y empresarial, aspectos difíciles de financiar con recursos públicos del sector energético. Además de demostrar en la práctica la viabilidad tecnológica de la generación eléctrica fotovoltaica en este clima, el proyecto incorporó elementos claves de gestión técnica y social orientados a asegurar el uso eficiente de energía y la perdurabilidad y sostenibilidad a largo plazo de la solución aislada instalada. Por una parte, la comunidad aceptó la instalación de medidores prepago como herramienta para asegurar el recaudo de tarifas de acuerdo a los niveles de consumo de cada usuario. Por otra, se logró crear y capacitar una empresa comunitaria que asumiera la propiedad de los activos – formalmente donados a la comunidad tanto por EPSA como por USAID – que se encarga desde entonces de la administración, operación, mantenimiento y futuras reposiciones de componentes del sistema (baterías, inversores, luminarias públicas, etc.).

De acuerdo con Harold Valencia, representante legal de la empresa comunitaria constituida (la Junta Administradora del Servicio de Energía, JASE, de Punta Soldado), uno de los invitados al panel 'Barreras regulatorias y esquemas empresariales', desarrollado durante el *Foro de la Revista de Ingeniería 'Energía para un nuevo país rural'*, antes de la implementación del proyecto sus pobladores tenían serios problemas de comunicación con los municipios cercanos y la capital del departamento, sus niños no asistían a su jornada completa de estudios en las horas de la tarde y solo podían consumir productos refrigerados cuando viajaban hasta Buenaventura, dificultad que, además, estancaba el desarrollo productivo del corregimiento, tradicionalmente pesquero, pues no tenían cómo conservar la cadena de frío para comercializar sus productos.

Con la implementación del proyecto, el corregimiento experimentó un giro de 180 grados en temas de desarrollo para sus pobladores, quienes ahora gozan de energía las

Punta Soldado goza de energía las 24 horas del día gracias a los 288 paneles fotovoltaicos y al sistema de almacenamiento compuesto por 96 baterías, 13 controladores de carga y seis inversores que producen 74,8 kilovatios pico de energía.



24 horas del día gracias a los 288 paneles fotovoltaicos y al sistema de almacenamiento compuesto por 96 baterías, 13 controladores de carga y seis inversores que producen 74,8 kilovatios pico de energía, y que según el CCEP satisface la totalidad de la demanda de hasta 48 kWh/mes en promedio por usuario. El sistema incluso permite abastecer a la comunidad durante, aproximadamente, tres días, en períodos de extrema lluvia. Cuentan, además, con una planta diésel de 135 KVA (kilovoltio-amperios) habilitada para funcionar ante cualquier emergencia o descarga del banco de baterías.

El sistema fotovoltaico beneficia a cerca de 150 viviendas, la escuela del corregimiento, dos centros de desarrollo infantil del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, su iglesia y dos zonas para eventos, entre otros espacios que usan frecuentemente sus pobladores, unas 400 personas, aproximadamente, y ha incentivado la compra de equipos que mejoren las condiciones de su producción pesquera.

“Antes de la implementación de la iniciativa las personas gastaban 10 mil pesos en la compra del diésel con el que funcionaban sus plantas eléctricas, y que les permitía tener luz por tres horas. Ahora, con esos 10 mil pesos

pagan 24 horas de energía por una semana o más. Eso es muy gratificante para estas comunidades que tienen tantas necesidades”, señaló Valencia.

De acuerdo con el líder de la JASE, con el nuevo sistema fotovoltaico los pagos por el servicio de energía se hacen sin ningún contratiempo a través de tarjetas prepago que los usuarios recargan en las oficinas de la Junta Administradora del Servicio de Energía y que activan en los contadores que fueron instalados en sus viviendas. Actualmente, la tarifa del kilovatio-hora es de 800 pesos, precio que fue consensuado entre toda la comunidad. El líder confirmó que con este esquema de recaudo el sistema es totalmente autosostenible para todos los requerimientos de administración, operación y mantenimiento (AOM).

Para Valencia, este modelo se ajusta a la disponibilidad de recursos de cada familia, e incentiva el ahorro de este servicio, lo que permite que se use de manera responsable.

El proyecto, piloto a nivel nacional y ejemplo para el mundo, ha tenido tanta resonancia que fue postulado al premio Ámbar, reconocimiento otorgado por la



Con el nuevo sistema fotovoltaico los pagos por el servicio de energía se hacen a través de tarjetas prepago que los usuarios recargan en las oficinas de la JASE.

Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica, Asocodis, a la investigación y desarrollo del sector eléctrico del país.

De acuerdo con Valencia, en el mediano plazo los habitantes de Punta Soldado esperan que el proyecto continúe creciendo y, de esta manera, logren motivar réplicas en otras poblaciones similares del Pacífico.

"Todo dependerá de los esfuerzos y el compromiso de la comunidad porque el proyecto es nuestro y en nosotros recae la responsabilidad de que continúe siendo sostenible por muchos años, pues un pueblo sin energía es un pueblo sin desarrollo", concluyó el líder.

Conclusiones

Como primer sistema híbrido solar-batería con respaldo diésel, financiado sin recursos ni subsidios públicos en Colombia, el de Punta Soldado se constituye en un ejemplo a analizar y replicar para otras comunidades rurales y pequeño-urbanas aisladas imposibles de interconectar a la red por factores geográficos, ambientales o económicos. Siendo una isla, no resultó

Inversiones del proyecto

Aporte directo

USAID/Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP)

COP \$ 1.092.564.380

Socios: EPSA E. S. P. - CELSIA

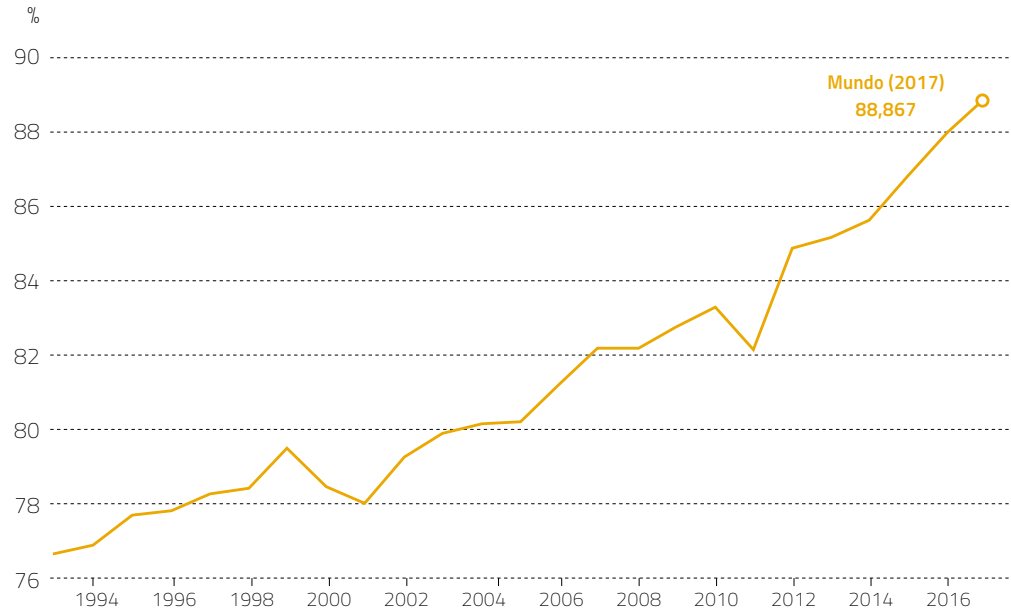
COP \$ 633.216.804

Total

COP \$ 1.725.781.184

Fuente: CCEP

Gráfico 1. Cobertura de Electrificación en el Mundo.
Fuente: Banco Mundial.



factible interconectarla a la red que atiende al municipio de Buenaventura. Estando inmersa en el lluvioso Pacífico colombiano, similar a otros bosques húmedos tropicales, los costos iniciales de inversión son más elevados que los promedios para instalaciones domiciliarias en otras regiones. Por una parte, las inversiones en paneles solares resultan más altas en localizaciones con radiación solar de 3.2 kWh/m²/día como Punta Soldado que en aquellas con una radiación de 5.8 kWh/m²/día, como en La Guajira. Por otra, las obras civiles en terrenos fangosos se incrementan significativamente en el bosque tropical y las condiciones de humedad pueden afectar el desempeño de algunos componentes. Esto significa que la inversión inicial tendría que absorberse con recursos externos a la comunidad, pero esto realmente no difiere de la expansión de cobertura con energía convencional que tradicionalmente se ha realizado en el país. Allí tampoco el sistema tarifario regulado está diseñado para recuperar la inversión

inicial, o siquiera los costos de AOM sin tener que acudir a subsidios.

Unavez resuelta la inversión inicial, y superados imprevistos técnicos iniciales (en su electrónica), lo realmente importante es cómo asegurar su sostenibilidad a largo plazo. En este caso, Punta Soldado también es ejemplar, pues el sistema quedó de propiedad de la comunidad y es manejado por su propia empresa comunitaria, capacitada para el mantenimiento técnico y administración financiera del sistema. Las tarifas, consensuadas por la comunidad, no solo permiten absorber gastos operativos y el mantenimiento local, sino que incorporan ahorro para mantenimiento técnico especializado externo y futuras reposiciones de elementos fungibles.

Lo reitera el representante de la JASE: “el proyecto es nuestro y en nosotros recae la responsabilidad de que continúe siendo sostenible”. ●

Conozca cómo funciona el proyecto de energía en Punta Soldado, Buenaventura.





MEMORIA

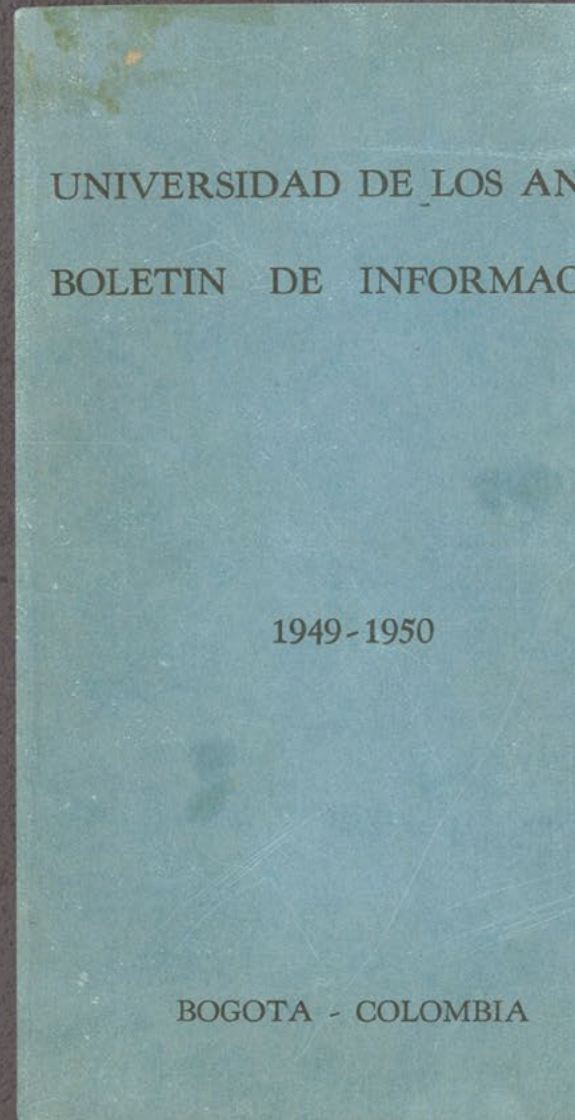
REMINISCENCIAS DE LA FACULTAD

Engineering School Memories

En este número de la *Revista de Ingeniería* hemos decidido presentar en la sección Memoria un recuerdo gráfico de lo que fue el primer programa de Ingeniería de la Universidad, en 1949, tal como se presentó en el primer boletín de la institución. Para ese momento, Los Andes anunciaba la apertura del Colegio de Estudios Superiores y las escuelas de Economía, Arquitectura, Ingeniería Eléctrica e Idiomas.

El Colegio de Estudios Superiores fue una idea novedosa para el esquema universitario del momento. Era la institución dentro de la naciente Universidad, *"cuya misión es procurar la formación cultural y humanística de quienes están recibiendo, al mismo tiempo, una educación profesional técnica"*¹. En el caso de Ingeniería, respondía por los cursos de Castellano, Inglés, Humanidades, Civilización Contemporánea, Historia y Geografía de Colombia.

El primer decano oficial de programa de Ingeniería, tal como aparece en este documento, fue Miguel Posada Caicedo, ingeniero bogotano egresado de la Universidad de California².



1. Universidad de los Andes, Boletín de Información, 1949-1950.

2. Historia de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá volumen II pág. 58.

La Universidad de los Andes

La Universidad de los Andes es una entidad autónoma que ha sido fundada en Colombia por un grupo de personas interesadas en crear un centro de estudios superiores de carácter profesional. La magnífica acogida que ha recibido esta Universidad, desde su iniciación, en todos los sectores de la opinión pública colombiana, es plena y segura de que la misión que se ha impuesto será ampliamente cumplida. Los fundadores de la Universidad de los Andes cuentan con el apoyo de un grupo de profesores e intelectuales extranjeros quienes forman la Junta Consultiva, cuya nómina aparece en este prospecto. El interés manifestado por todos los miembros de la Junta Consultiva y el entusiasmo con que desde el primer momento nos han ofrecido su cooperación, indican que existe una verdadera necesidad de instituciones de este tipo en la América Latina. Además, hay una gran carencia de personal técnicamente preparado en Colombia y las instituciones educativas que hoy funcionan no son suficientes para dar cabida a los jóvenes que podrían contribuir a solucionar este problema nacional.

La Universidad de los Andes aspira a dar educación profesional técnica, manteniendo al estudiante dentro de un ambiente alejado de las candentes luchas políticas y en el cual, en cambio, se realicen los tres propósitos docentes fundamentales de esta universidad, que son:

- 1.—Sólida preparación profesional técnica de acuerdo con los programas y métodos de las grandes universidades contemporáneas.
 - 2.—Organización de la investigación científica, dentro de la vida universitaria.
 - 3.—El estudio de los problemas colombianos llevado a cabo con un criterio a la vez patriótico y científico.
- En el año de 1949 la Universidad de los Andes ofrece las siguientes escuelas profesionales: Arquitectura, Economía, Química, Ingeniería Eléctrica, Matemáticas e Idiomas.
- Para asegurar el cumplimiento de los propósitos educativos de esta Universidad, se ha organizado por primera vez en Colombia el COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES, cuya misión es la de procurar la formación cultural y humanística de quienes están recibien-

do, al mismo tiempo, una educación profesional técnica. Este sistema tiene tres ventajas principales:

- 1.—Facilita al estudiante la orientación profesional, de acuerdo con sus capacidades y aficiones. Con ello se evitará en muchos casos la pérdida de años, ocasionada por ensayos o tanteos en la búsqueda de la verdadera vocación.
- 2.—En el COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES los estudiantes recibirán una formación cultural y humanista, sin que se aumenten los años de duración de la carrera profesional escogida. Esto es muy importante desde el punto de vista práctico, puesto que la duración de los estudios profesionales será igual a la de otras escuelas del país.
- 3.—Los estudios hechos en la Universidad de los Andes, se sujetarán a las disposiciones del Ministerio de la Educación Nacional de Colombia para su reconocimiento oficial y serán aceptados por las universidades extranjeras en donde actualmente se aplica el mismo sistema del COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

No está por demás advertir que la Universidad de los Andes no es una organización que persigue fines de lucro. Posiblemente el producido de las matrículas no alcanzará a cubrir sino en parte mínima los gastos de la enseñanza y la prestación del servicio educativo. Sin embargo, nosotros esperamos dar a nuestros estudiantes toda clase de facilidades para que puedan terminar sus estudios dentro de las condiciones más favorables.

Si llegare el caso de que la Universidad liquidare un balance favorable en el futuro, ello será inmediatamente destinado a mejoras y reservas, sin que jamás dentro del espíritu de la corporación haya lugar para distribuir utilidades a persona alguna natural ni jurídica.

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

Decano: MIGUEL POSADA CAICEDO

La Universidad de los Andes en vista de la necesidad que hay en Colombia de técnicos especializados en electricidad, establece por primera vez una Facultad de Ingeniería Eléctrica con un programa de estudios que tendrá una duración de seis años, durante los cuales se dará a los estudiantes la preparación técnica y, además, la formación humanística que caracteriza el sistema educativo de la Universidad de los Andes.

La admisión a la Facultad de Ingeniería Eléctrica está sujeta a las regulaciones generales de la Universidad, es decir que se requiere el título de bachillerato superior concedido por el Ministerio de Educación de Colombia o su equivalente extranjero; además se aceptarán estudios técnicos hechos en instituciones de reconocida seriedad y competencia.

A los individuos que hayan cumplido los requisitos fijados por la Junta Directiva, la Universidad otorgará el grado de Ingenieros con especialización en electricidad.

El programa de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, es semejante a los programas de Facultades similares de los Estados Unidos y, por lo tanto, los estudios hechos en esta Universidad serán reconocidos en las universidades norteamericanas.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CURRICULUM DE INGENIERIA ELECTRICA

PARA SEIS AÑOS

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Trigonometría y regla de cálculo	1	1
Matemáticas 3A-3B	3	3
Química 1A-1B	5	5
Inglés	3	3
Humanidades		
Castellano		
Gimnasia y deportes		
	15	15

SEGUNDO AÑO

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Matemáticas 14A-14B	5	5
Ingeniería mecánica 2	3	
Física 1A-1B	3	3
Ingeniería civil 1A-1B	3	3
Ingeniería mecánica 6		3
Inglés		
Humanidades		
Castellano		
Gimnasia y deportes		
	14	14

TERCER AÑO

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Ingeniería mecánica 102A-102B	3	3
Ingeniería civil 108A-108B	3	3
Ingeniería civil 108F	1	
Física IC-ID		3
Ingeniería civil 110	3	
Electivas	3	5
Civilización contemporánea		
Inglés		
Gimnasia y deportes		
	13	13

CUARTO AÑO

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Ingeniería mecánica 105A-B	3	3
Ingeniería eléctrica 104A-B	2	2
Ingeniería mecánica 107	3	3
Ingeniería eléctrica 110A-B	3	3
Electivas		3
Geología		
Civilización contemporánea		
Inglés		
Gimnasia y deportes		
	14	14

QUINTO AÑO

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Ingeniería mecánica 120	2	
Ingeniería eléctrica 111A-B	3	3
Ingeniería eléctrica 112A-B	2	2
Ingeniería eléctrica 115A-B	2	2
Electivas	5	7
Geografía e Historia de Colombia		
Gimnasia y deportes		
	14	14

37

SEXTO AÑO

	UNIDADES	
	Primer semestre	Segundo semestre
Ingeniería eléctrica 116A-B	3	3
Ingeniería eléctrica 118A-B	2	2
Ingeniería eléctrica 198A-B	2	2
Ingeniería eléctrica 113A-B	2	2
ó 114A-B	5	5
Electivas		
	14	14

NOTAS: a) Se entiende por electivas restringidas, cursos de tercero o cuarto años de los departamentos de química, matemáticas, ingeniería eléctrica civil o mecánica y de minas, para los cuales el estudiante ha tomado los cursos requeridos.

b) Electivas libres: Son cursos de cualquier departamento de la Universidad para los cuales el estudiante ha reunido o reúne los requisitos.

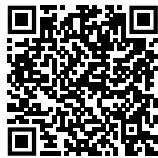
NOTA: Una unidad de crédito representa una hora de clase a la semana durante el semestre con el tiempo necesario para preparar los trabajos que esta hora requieren, o un período mayor de laboratorio u otros ejercicios para los cuales no se necesita mayor preparación fuera de la Universidad.

Es indispensable que el estudiante prepare durante dos horas el trabajo de cada hora de clase de tal manera que cada unidad de crédito representa por lo menos tres horas semanales del tiempo del estudiante.

38



Facultad de
Ingeniería



Vea aquí el Foro
*'Energía para un
nuevo país rural!'*



Encuentre la
versión digital
de la *Revista de
Ingeniería* aquí.

Esta revista es financiada por la Facultad de Ingeniería de la
Universidad de los Andes.

REVISTA DE INGENIERÍA 48

Enero-Junio 2019



ingenieria.uniandes.edu.co

 Revista de Ingeniería

 Rev_Ingenieria

ISSN 0121-4993

