



# DESARROLLO Y SOSTENIBILIDAD RURAL A TRAVÉS DEL ANÁLISIS Y EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

**John Barco Jiménez, Andrés Pantoja**

**Universidad de Nariño  
San Juan de Pasto, Colombia**

## **Resumen**

El Plan de Energización Rural Sostenible para el Departamento de Nariño (PERS-Nariño) es una iniciativa conjunta del sector eléctrico colombiano a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no Interconectadas (IPSE); el programa de Energías Limpias para Colombia (CCEP) de USAID como promotor de la idea, y la Universidad de Nariño como la entidad local ejecutora del proyecto.

Mediante este plan se unieron esfuerzos técnicos, administrativos y financieros de las entidades participantes con el fin estructurar y desarrollar una metodología que permita elaborar un diagnóstico energético y socio-económico rural en las trece subregiones del departamento. Como resultado de los diagnósticos se elaboró un plan piloto de energización rural para Nariño con indicadores de proyectos prioritarios, posibles esquemas de financiación y de modelos de organización empresarial comunitaria. Con la información primaria y secundaria clasificada y analizada, este plan permite evaluar los lineamientos de política energética e identificar, formular y estructurar proyectos integrales y sostenibles en el corto, mediano y largo plazo como parte de la planeación en el país. En la misma forma, se identifica también la problemática particular de cada una de las zonas rurales del Departamento.

**Palabras clave:** energización rural, energías alternativas; sostenibilidad

## **Abstract**

*The rural sustainable energization plan for the Nariño department (PERS-Nariño) is a joint initiative of the Colombian electricity sector through the Mining and Energy Planning Unit*

*(UPME) and the Institute of Planning and Promotion of Energy Solutions for off-grid zones (IPSE); the Colombian Clean Energy Program (CCEP) of USAID, as a promoter of the idea, and the University of Nariño as the local implementing entity of the project.*

*Through this plan, technical, administrative, and financial efforts of the participating entities are joined in order to structure and elaborate a methodology to develop a rural energy and socio-economic diagnostic in the thirteen regions of the department of Nariño. As a result of this analysis, a pilot plan of rural electrification for Nariño was developed that include indicators of priority projects, funding schemes, and models of community business organization. With the primary and secondary information classified and analyzed, this plan allows government entities to evaluate the energy policy guidelines and to identify, develop and structure comprehensive and sustainable projects in the short, medium and long term as part of planning in the country. At the same time, particular problems of rural areas of the Department are identified.*

**Keywords:** *rural electrification, alternative energy, sustainability*

## 1. Introducción

El departamento de Nariño es una región privilegiada que cuenta con un gran potencial de recursos energéticos dada su ubicación geográfica. Según el plan de desarrollo departamental 2015-2018, el departamento está integrado por tres grandes regiones de Colombia: la Llanura del Pacífico en el sector oriental, que representa una extensión del 52% del Departamento, la Región Andina que atraviesa el Departamento por el centro de norte a sur, que representa el 40% del territorio, y la Vertiente Amazónica ubicada al sur oriente del mismo, con el 8% de la extensión territorial de Nariño.

Dadas estas ventajas, Nariño tiene recursos locales renovables como potencial eólico, solar, hídrico y de biomasa, que podrían ser utilizados para dar solución a diferentes problemáticas, especialmente de las zonas rurales, mejorando la calidad de vida de la población en términos sociales, económicos y ambientales.

No obstante, no existe una caracterización que permita conocer el potencial real de cada uno de los recursos. Del mismo modo, se desconocen las necesidades energéticas de cada región y las problemáticas que derivan de esta necesidad. Por esto, la falta de información y desconocimiento conlleva al desaprovechamiento de los recursos abundantes en cada una de las regiones del departamento, así como también, dificultan la proposición de soluciones debido al desconocimiento de la problemática energética que ocurre en cada una de las regiones.

Como solución a la problemática anteriormente mencionada, la UPME a finales de 2012, propone el Plan de Energización Rural Sostenible para el Departamento de Nariño, que consiste en la realización de un diagnóstico energético, social y económico de las zonas rurales de las 13 subregiones del departamento, desarrollado con base en los siguientes objetivos:

- Caracterizar el consumo de energía por uso y fuente en los diferentes sectores rurales con el fin de analizar posibles alternativas de solución a las necesidades energéticas de las regiones apartadas.
- Analizar la oferta de recursos energéticos en las diferentes localidades del departamento para obtener una estimación del potencial alternativo, su ubicación y posibles aplicaciones productivas.
- Estimar la demanda energética de las poblaciones del departamento por sector para el período 2012–2030 y de esta manera poder realizar una planificación adecuada de los recursos de acuerdo con la región y las condiciones socioeconómicas de la población.
- Identificar proyectos productivos y evaluar las alternativas energéticas disponibles para la prestación del servicio de energía en las zonas rurales apartadas.
- Proponer proyectos integrales económica, tecnológica, ambiental y socialmente sostenibles de suministro de energía que tengan en cuenta el estudio de esquemas empresariales comunitarios y la identificación de posibles fuentes de financiación.

De esta manera, el PERS enfatiza sobre la importancia de la información, su clasificación y análisis para realizar una caracterización del departamento. Comprender la dinámica social y económica de los territorios rurales es fundamental, por un lado, porque las alternativas energéticas estudiadas y propuestas deben responder de forma efectiva a las necesidades reales que tiene la población, y por otro lado, porque se constituye en una oportunidad para que la comunidad se empodere y participe activamente de las soluciones propuestas, fomentando un dialogo continuo y horizontal entre los equipos de profesionales, investigadores y técnicos y la población local de las zonas rurales. Este segundo aspecto es clave para aportar a la sostenibilidad económica, social, ambiental y técnica de los proyectos.

Figura 1. Imagen de presentación del proyecto PERS Nariño.



Fuente: Proyecto PERSN.

En este trabajo, en primer lugar, se expone la metodología para la elaboración del PERS, para presentar luego parte del diagnóstico energético y socioeconómico fruto del análisis de la información. Finalmente, se presentan algunos resultados y productos que se obtuvieron con el PERS con el fin de discutir la pertinencia y sostenibilidad del programa.

## 2. Metodología de Implementación

Para la elaboración del PERS, se deben estudiar las zonas rurales del departamento en cuanto a sus actividades productivas y características socioeconómicas. Con este objetivo se debe recopilar, clasificar y priorizar la información secundaria disponible sobre actividades productivas, proyectos y sistemas de información geográfica en diferentes fuentes como empresas prestadoras de servicios públicos, entidades gubernamentales, académicas y comunitarias, a fin de tener un marco de referencia adecuado y actualizado sobre la situación de las regiones apartadas de Nariño.

Con base en la información secundaria recolectada, se diseñan, proyectan y aplican encuestas en una muestra representativa por subregión para caracterizar el uso

específico de los recursos energéticos y realizar un análisis para inferir el comportamiento de la oferta y demanda de energía en los sectores residencial, comercial, industrial e institucional.

Finalmente, con los análisis estadísticos de las encuestas, las características de las regiones y los posibles recursos energéticos disponibles, se identifican proyectos favorables para su formulación teniendo en cuenta su sostenibilidad y los esquemas empresariales adecuados para cada comunidad.

Como resultado de esta metodología, se tiene disponible gran cantidad de información que permite realizar diagnósticos energéticos y socioeconómicos puntuales a nivel de subregión con el fin de establecer una línea base local, microzonificada y verídica. Con esto, se facilita la formulación de proyectos, el análisis de alternativas, el planteamiento de árboles de problemas y la proposición de soluciones en las zonas rurales.

### **3. Diagnóstico Energético**

Para el diagnóstico energético se realizaron 3187 encuestas en los sectores residencial, comercial e institucional/industrial en todo Nariño. La información fue recolectada, sistematizada y procesada por medio de un sistema informático diseñado en la Universidad de Nariño que permitió la sistematización en tiempo real de los datos encuesta a encuesta. El sistema utilizó dispositivos móviles (tablets) para almacenar la información y descargarla vía web remotamente a un repositorio de base de datos organizado en un servidor en la universidad.

La información fue examinada y validada por expertos en temas energéticos y estadísticos con ayuda de programas informáticos especializados que permitieron caracterizar las unidades primarias de muestreo (hogares, comercios e instituciones) en cuanto a su constitución y acceso a servicios públicos, para pasar a detallar el consumo de energía por fuente y usos.

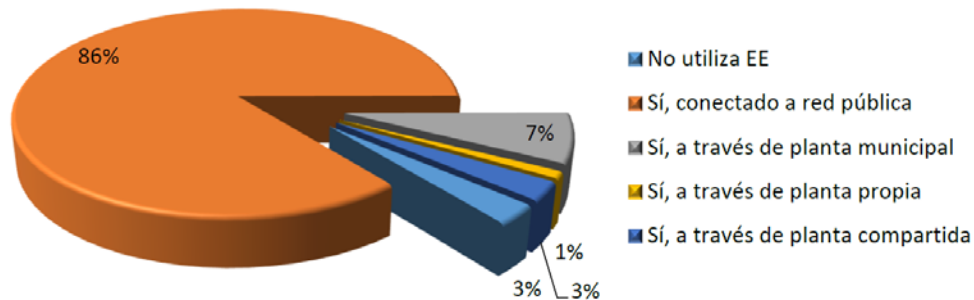
Uno de los resultados más interesantes se obtuvo teniendo en cuenta los electrodomésticos estadísticamente más utilizados para calcular los consumos básicos por subregión, y crear propuestas sobre eficiencia energética, calcular los nuevos consumos eficientes, la inversión inicial para el cambio en cada subregión y el periodo de recuperación de la inversión asumiendo el ahorro en el pago de la energía. A continuación se detallan algunos resultados.

#### **3.1. Servicio de energía eléctrica en el sector residencial del departamento de Nariño**

Las encuestas realizadas para el sector residencial de las zonas rurales, indican que un 86% de las viviendas cuentan con el servicio de energía eléctrica a través de la conexión a la red pública, un 7% cuenta con energía eléctrica a través de una planta municipal, un 3% cuenta con energía eléctrica a través de planta compartida, un 1% dispone de energía eléctrica a través de planta propia y un 3% no tiene acceso al servicio de energía eléctrica (Figura 1).

A pesar de unas cifras favorables, cabe aclarar que los porcentajes representan alrededor de 7400 familias sin servicio de energía, y cerca de 28.000 que se surten de plantas municipales, propias o compartidas, cuyo servicio está alrededor de 5 horas al día promedio. Estos datos son en parte coincidentes con el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2013-2017, que muestra que hasta el año 2009 la cobertura de energía eléctrica departamental del SIN y la ZNI fue de 86,93% y 92,94% respectivamente, generando una cobertura total de 87,74% para el Departamento. El plan de acción señala una ampliación en la cobertura al año 2014 de un 93,2% para el SIN, a su vez para la ZNI se plantea una cobertura de 100% (UPME, 2014).

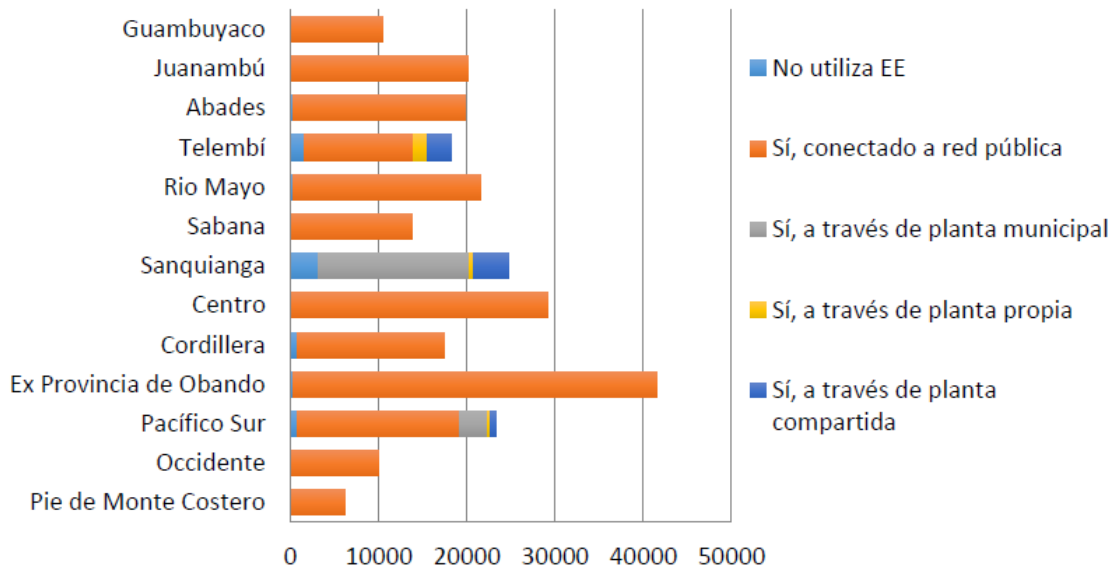
**Figura 2. Servicio de Energía Eléctrica en el Departamento de Nariño.**



Fuente: Encuestas de consumos y usos de energía PERS- 2013.

Dividiendo la información por subregiones, se observa que Sanquianga, Telembí, Cordillera y Pacífico Sur, presentan mayor número de viviendas sin servicio, tal como se puede observar en la Figura 3. A su vez las subregiones de Sanquianga y Telembí son tienen el mayor uso de plantas diésel ya que tienen gran parte de las Zonas No Interconectadas – ZNI nariñenses.

**Figura 3. Uso del servicio de energía eléctrica por subregión en el sector residencial del Departamento de Nariño.**

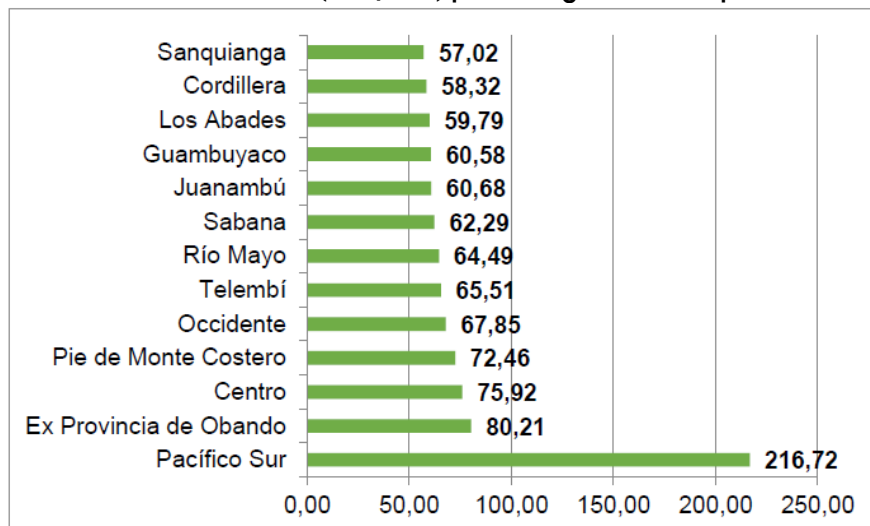


Fuente: Encuestas de consumos y usos de energía PERS- 2013.



De la Figura 4, las subregiones que presentan menores consumos básicos de subsistencia como la subregión Sanquianga (57,02 kWh/mes), Cordillera (58,32 kWh/mes) y Abades (59,79 kWh/mes), son a su vez subregiones que en el departamento de Nariño presentan porcentajes altos de Necesidades Básicas Insatisfechas – NBI y mayores índices de ruralidad – IR. Ante estas dinámicas territoriales, se alude que los bajos niveles de consumos de energía arrojados en el estudio se deben a que los usuarios de la zona rural de estas subregiones afrontan condiciones territoriales y socioeconómicas críticas como la falta del servicio en la actualidad, baja densidad poblacional, aislamiento geográfico y niveles altos de pobreza que no han posibilitado que los usuarios de estas subregiones satisfagan sus necesidades mediante la energía eléctrica como forma de energía final. Resulta interesante el alto consumo en la subregión Pacífico Sur (Tumaco y Francisco Pizarro), en donde el uso de estufas eléctricas es ampliamente difundido por los costos elevados del gas, e incentivado por una muy baja cultura de pago del servicio de energía.

**Figura 4. Consumo Básico de Subsistencia (kWh/mes) por subregiones del departamento**



Fuente: Encuestas de consumos y usos de energía PERS- 2013.

Por cuestiones de espacio, muy pocos resultados pueden ser presentados en este trabajo. Sin embargo, todas las bases de datos, resultados de análisis preliminares y reportes en tablas y gráficos, se pueden consultar a través del sistema de información del PERS, disponible en <http://sipersn.udenar.edu.co:90/sipersn/>

#### 4. Caracterización Sociodemográfica

Respecto al diagnóstico demográfico es fundamental comprender la dinámica social y económica de los territorios rurales, por un lado, porque las alternativas energéticas estudiadas y propuestas a través del PERS respondieron de forma efectiva a las necesidades reales que tiene la población, y por otro lado, porque se constituyó en una oportunidad para que la comunidad se empodere y participe activamente de las soluciones propuestas por el equipo de investigación PERS. Esto último fue clave para aportar a la sostenibilidad económica, social, ambiental y técnica de los proyectos. La

caracterización sociodemográfica incluye localización y división en subregiones, las características generales de la población teniendo en cuenta las etnias como identidad del Departamento, indicadores de ruralidad y vulnerabilidad que se distribuyen en índices de ruralidad, vulnerabilidad, indicadores salud y educación, ocupación y uso del territorio, principales cultivos transitorios y permanentes, estructura de la tenencia de la tierra y su relación con el sistema interconectado nacional que forma parte del Departamento.

Con base en los resultados obtenidos de la caracterización energética, se presentaron algunos índices de desarrollo sostenible, basados en metodologías de las Naciones Unidas sobre sostenibilidad económica, social y ambiental. De esta manera, se categorizan las subregiones de acuerdo a temáticas e indicadores internacionales con miras a la formulación de proyectos energéticos sostenibles.

### **5. Proyectos integrales económica, tecnológica, ambiental y socialmente sostenibles de suministro de energía**

Uno de los objetivos finales del PERS es proponer proyectos integrales económica, tecnológica, ambiental y socialmente sostenibles de suministro de energía que tuvieran en cuenta el estudio de esquemas empresariales comunitarios y la identificación de posibles fuentes de financiación. Entre los proyectos estructurados se destacan

- Factibilidad Granja Multipropósito, Piedemonte
- Factibilidad Solar Centros Educativos, Comunidades Negras
- Perfil Alumbrado Solar, Juanambú
- Perfil Energía Eólica, Guachucal
- Prefactibilidad Biodigestores, Exprovincia de Obando
- Prefactibilidad Biogás de Relleno Sanitario, Centro
- Prefactibilidad Biomasa Trapiches, Occidente
- Prefactibilidad Biomasa Residuos Forestales, Sanquianga
- Prefactibilidad Pequeña Central Hidroeléctrica, Piedemonte
- Prefactibilidad Solar Residencial Aislado, Abades
- Análisis Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño (ALTERNAR)
- Implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios en Santa Bárbara de Iscuandé
- Acceso a la energía para el corregimiento de Nariño, Municipio de Leiva
- Awá sukin wat usan – Energía para un buen vivir en la selva Awá

De estos, los cuatro últimos están actualmente en ejecución. ALTERNAR es financiado con recursos del fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR, y los tres últimos tienen recursos por la convocatoria de Colciencias “Ideas para el Cambio - Pacífico Pura Energía”.



## 6. Resultados y Productos

La metodología del PERS, sus resultados, procesos y actividades se consignaron en una plataforma digital abierta para facilitar la consulta de la comunidad y servir de herramienta para la replicación del plan en otras regiones del país. Los principales aspectos de la plataforma incluyen:

- Resultados de las caracterizaciones socioeconómica y energética de las zonas rurales de las subregiones del departamento.
- Un sistema de información geográfica actualizado con los centros poblados, los límites veredales de los municipios, el sistema de distribución eléctrica básico y puntos de referencia importantes como centros de salud y educativos de las zonas rurales.
- La metodología para la selección de la muestra representativa de la población rural del departamento, así como los instrumentos estadísticos diseñados para levantamiento de información primaria.
- Los análisis de la información obtenida por medio de las encuestas y un modelo para proyección de demanda basado en datos históricos de consumo y la información transversal actualizada.
- Una metodología general para la evaluación de las alternativas energéticas en zonas rurales apartadas teniendo en cuenta las restricciones socioeconómicas de cada región.
- Un banco de proyectos formulados por PERS y de referencia a nivel regional y latinoamericano para consultas de estado del arte.

Se debe resaltar que el proyecto fue realizado con el esfuerzo de un grupo de trabajo interdisciplinario con diferentes programas de la Universidad de Nariño, de la UPME, el IPSE y el CCEP, estrategia indispensable en el desarrollo de este tipo de iniciativas que involucran aspectos técnicos en temas energéticos y socioeconómicos de la región que crea una propuesta energética eficiente y sostenible para el Departamento de Nariño. Gracias a este esfuerzo, la Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica –ASOCODIS- otorgó el “Premio ÁMBAR 2014 a la Investigación y Desarrollo del Sector Eléctrico Colombiano” al PERS-Nariño (Rey et. al 2014). Además, actualmente están en curso programas PERS en los departamentos de Tolima, Guajira, Chocó y Cundinamarca, como parte de una estrategia de energización rural incluida en el Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018.

## 7. Referencias

- DANE (2013). Proyecciones de población a nivel nacional, departamental y municipal.
- Fajardo, Darío (2013). Análisis de sostenibilidad e indicadores en proyectos de soluciones energéticas. PERS. Universidad de Nariño.
- Gobernación de Nariño (2012). Plan de desarrollo departamental 2012 - 2015 “Nariño Mejor”.

- PERS (2013). Encuestas de consumos y usos de energía – Sector Residencial. Universidad de Nariño, UPME, IPSE.
- Rey, O., Cuenca, J., Pantoja, A., Fajardo, D., Achicanoy, W., & Chávez, G. (2014). Planes de Energización Rural Sostenibles PERS. La Energía: un medio para el desarrollo productivo rural. XI Jornadas de distribución de energía eléctrica. Bogotá DC.
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2007). Balances Energéticos 1975 – 2006. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2014). Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica 2014-2017. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá.

### Sobre los autores

- **John Barco Jiménez:** Ingeniero Electrónico de la Universidad de Nariño, Magister en Ingeniería Electrónica y de Computadores de la Universidad de los Andes. Profesional Investigador PERS y ALTERNAR Udenar. [johnbarco@gmail.com](mailto:johnbarco@gmail.com).
- **Andrés Pantoja:** Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Magister en Ingeniería Electrónica y de Computadores, Doctor en Ingeniería, Universidad de los Andes. Coordinador técnico PERS y ALTERNAR, Udenar. [ad\\_pantoja@udenar.edu.co](mailto:ad_pantoja@udenar.edu.co).

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)