



Universidad de Nariño

INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA



USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE

Instituto de planificación y promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
zonas No Interconectadas

ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS EN EL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO



***pers***  
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible

## ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS CON FUENTES ALTERNATIVAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

### COORDINACIÓN Y FORMULACIÓN:

#### Universidad de Nariño

**Andrés Pantoja**

Ing. Electrónico, MSc, Doctor en Ingeniería

**Katerine Guerrero Montero**

Ing. Electrónica, Magíster en Ingeniería con énfasis en Electrónica

**Darío Fajardo**

Ing. Electrónico, Magíster en Automatización Industrial

#### Universidad de los Andes

**Nicanor Quijano**

Ing. Electrónico, MSc, PhD.

**Ángela Cadena**

Ing. Eléctrico, MSc, PhD.

**Juan Benavides**

Ing. Eléctrico, MSc, PhD.

#### ASC Ingeniería S.A. E.S.P.

**David Salcedo Castillo**

Ing. Eléctricista, Esp.

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2014



Universidad de Nariño

**INGENIERÍA**  
ELECTRÓNICA



**IPSE**  
Instituto de planificación y promoción  
de Soluciones Energéticas para las  
zonas No Interconectadas

## 1. FICHA DEL PROYECTO

Título del programa o proyecto: Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño		
Entidad proponente: Universidad de Nariño, Universidad de los Andes		
Entidad beneficiaria:		
Entidad ejecutora: Universidad de Nariño, Universidad de los Andes		
Otras instituciones participantes: ASC SA ESP		
Duración del proyecto (meses): 24		
Costo Total del Proyecto: 4116471254,5		
Monto solicitado: 3741546962,0		
Monto Total de la Contrapartida: 374924292,6		
Contrapartida de la entidad beneficiaria:	En efectivo 0	En especie 374924292,6
Lugar de ejecución del proyecto	Ciudad Varios Municipios	Departamento Nariño
Persona responsable del proyecto Andrés Pantoja	Empresa/Institución Universidad de Nariño	Cargo Docente tiempo completo

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

Muchas de las regiones que no hacen parte del sistema central de interconexión eléctrica en Nariño presentan dificultades marcadas en el suministro del servicio de energía dado el difícil acceso geográfico de muchas de las zonas alejadas del centro del departamento, las condiciones socioeconómicas de las poblaciones y la condición de Nariño como cola del sistema interconectado nacional. Además, a pesar de que el departamento cuenta con abundantes recursos energéticos que se pueden aprovechar en generación basada en métodos limpios, estos potenciales no se encuentran apropiadamente identificados, clasificados y cuantificados.

Unas de las principales causas de los problemas energéticos en las regiones apartadas y/o no interconectadas es la falta de información técnica sobre las condiciones del sistema de distribución, la deficiente estimación de la demanda y la falencia en posibles soluciones alternativas a la conexión al sistema central. Por otra parte, la carencia de estudios y mediciones reales de los potenciales energéticos de estas zonas dificulta el planteamiento de proyectos encaminados a suplir energía por métodos distintos a los convencionales.

De esta manera, el fortalecimiento de un plan de investigación y desarrollo tecnológico en esta área es de vital importancia para estructurar la información requerida sobre las oportunidades energéticas de las regiones apartadas, la apropiación de nuevo conocimiento alrededor de la gestión energética, la proposición de proyectos alrededor de la generación distribuida con fuentes alternativas y el estudio de nuevas tendencias, tales como las redes inteligentes, para la solución de los problemas con metodologías apropiadas, escalables, controlables y replicables.

Esta propuesta representa la primera fase de un macroproyecto que pretende contribuir a la mejora de cobertura energética de las zonas rurales mediante gestión moderna de redes y generación con fuentes alternativas. La segunda fase incluye estudios de prefactibilidad y diseños técnicos detallados de una solución para una zona elegida por sus capacidades energéticas alternativas caracterizadas por una metodología apoyada por mediciones reales. La tercera fase incluye los estudios de factibilidad, en tanto que la cuarta fase se ocupa de la implementación de las soluciones diseñadas.

Inicialmente, se pretende realizar un estudio técnico detallado de las fuentes alternativas disponibles en las zonas rurales de los municipios con menor cobertura eléctrica del departamento. Para esto se propone la recopilación de la información dispersa en fuentes secundarias especializadas y realizar mediciones reales por medio de estaciones de telemetría y un sistema de información sobre posibilidades de generación de energía con viento, luz solar, hidrogenación y biomasa.

Con la información de datos reales y proyecciones estadísticas de las fuentes estudiadas, se escogerán dos zonas con potencial adecuado para realizar el diseño técnico completo a nivel de prefactibilidad para la implementación de una solución que incluya generación alternativa, redes de distribución, medición inteligente y un sistema de información basado en telecomunicaciones para el soporte del manejo de los recursos y el control de los generadores.

Estos estudios posibilitan el fortalecimiento de una línea de investigación en gestión energética en la Universidad de Nariño con el apoyo de la Universidad de los Andes a través de investigadores y estudiantes de maestría y doctorado. En general, esta línea se crea para garantizar la sostenibilidad de los proyectos iniciales y la nueva formulación de proyectos a nivel de factibilidad e implementación.

En este sentido, es importante destacar que con miras al desarrollo de proyectos en redes inteligentes, se propone realizar el estudio preliminar a nivel de diseño de una red prototipo en el campus de la Universidad de Nariño. Este laboratorio permitirá la apropiación tecnológica de las nuevas tendencias en redes de distribución de energía, el diseño apropiado de este tipo de redes a gran escala, las pruebas de sistemas comerciales para validación y formulación de proyectos con equipos validados y adaptados a nuestras regiones, además de constituir un laboratorio de prueba para investigación fundamental y aplicada en el área de redes inteligentes.

Es así como esta propuesta representa el inicio de un proyecto macro, interdisciplinario e interinstitucional (comunidad académica, empresas distribuidoras y comercializadoras de energía y entes gubernamentales), donde la información de problemas y oportunidades es clasificada y priorizada a nivel de perfil, para permitir la formulación de proyectos de generación con fuentes alternativas en regiones apartadas, y así mejorar la prestación del servicio y facilitar la expansión y replicación de las redes estudiadas por medio de la investigación de las redes inteligentes.

En este proyecto se han unido esfuerzos de dos entidades de educación superior con una empresa prestadora de servicios de energía alrededor de un esfuerzo estatal representado por la gobernación de Nariño y su plan de desarrollo “Nariño Mejor”. La Universidad de Nariño, conectora de la región y sus problemáticas, cuenta con el liderazgo regional en los estudios socioeconómicos para soportar el proyecto. Así mismo, el sector eléctrico colombiano por medio de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), apoya esta iniciativa a través del Plan de Energización Rural Sostenible para el departamento de Nariño (PERS), proyecto que actualmente se ejecuta a la cabeza del departamento de electrónica de Udenar.

Por su parte, ASC Ingeniería, empresa de prestación de energía en varias regiones de Nariño, brinda su experiencia en comercialización en las zonas aisladas del departamento, tiene una base de datos actualizada de los registros para estimación de demanda y cuenta con personal capacitado en el manejo y programación de software para cálculos tarifarios, subsidios, sistemas de telemedida y

estudios de sostenibilidad de proyectos energéticos. Finalmente, la Universidad de los Andes y sus grupos de investigación en Potencia, Energía, Control, Automatización y Energías Renovables representan el soporte científico del proyecto. Uniandes permitirá la articulación de los esfuerzos investigativos y de apropiación tecnológica con base en la experiencia de sus investigadores, la formación de estudiantes dedicados al proyecto a nivel de maestría y doctorado, los servicios de laboratorios y el reconocimiento de su liderazgo a nivel nacional en este tipo de proyectos avalados con publicaciones nacionales e internacionales de calidad.

### 3. ALTERNATIVA

#### 3.1. Descripción de la Alternativa

En este proyecto se propone realizar el análisis de las principales fuentes alternativas disponibles en zonas apartadas y/o no interconectadas del departamento de Nariño para el diseño de una solución que garantice el aprovechamiento de las oportunidades energéticas, su gestión adecuada y el uso de tecnologías pertinentes.

Aunque en esta propuesta se presenta solamente el estudio de prefactibilidad (Fase II), el proyecto de análisis de oportunidades energéticas completo se concibe dividido en 3 fases con una duración total de 5 años.

##### Fase II, prefactibilidad (duración 2 años)

Es la fase presentada en esta propuesta, donde se realiza un estudio detallado de las posibles fuentes alternativas presentes en los 15 municipios del departamento de Nariño con cobertura del servicio de electricidad inferior al 80%. Con base en estos estudios se escoge una región específica en donde se realizan diseños técnicos completos de una solución energética (generación, distribución e instalación) correspondiente a un estudio técnico detallado de prefactibilidad. Además se propone el fortalecimiento de la línea de investigación en gestión energética de la Universidad de Nariño con la colaboración de la Universidad de los Andes, el proyecto de un postgrado en el área y el estudio de prefactibilidad para el Centro de Investigación en Energía del Departamento de Nariño. Finalmente, se propone el diseño detallado y el estudio de prefactibilidad de un prototipo para investigación en redes inteligentes y generación distribuida en el campus de la Universidad de Nariño.

##### Fase III, factibilidad (duración 1 año)

Realización de estudios de factibilidad para los proyectos de la solución energética completa en la región escogida, del prototipo de red inteligente y del centro de investigación en la Universidad de Nariño. Estos estudios deben incluir las propuestas técnicas, legales, ambientales, financieras, de riesgo y de mercado para la sustentación de la sostenibilidad de las propuestas realizadas en la Fase II.

##### Fase IV, implementación (duración 2 años)

Implementación de los sistemas factibles. Para las soluciones energéticas en las regiones escogidas se debe implementar un sistema de gestión energética completo incluyendo generación con fuentes alternativas, medición inteligente, control de los sistemas de generación, sistemas de adquisición de datos, esquemas tarifarios, análisis de datos económicos, sociales y de prestación del servicio

que permitan definir esquemas de mercados apropiados para la población. De esta manera, se establecería una metodología apropiada para la reproducción del sistema en regiones con características similares del departamento o del país. En cuanto al prototipo de red inteligente, constituirá un sistema de prueba para las tecnologías candidatas a ser implementadas en sistemas reales y deberá soportar las investigaciones en el área de generación, distribución y gestión energética del centro.

### **3.2. Objetivos**

#### **3.2.1. Objetivo Principal**

Contribuir a la definición de modelos adecuados de gestión para mejorar el suministro energético a las poblaciones apartadas y/o no interconectadas del Departamento de Nariño, aprovechando integralmente recursos naturales disponibles con técnicas modernas de gestión de redes y fuentes descentralizadas de energía.

#### **3.2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las principales fuentes energéticas alternativas disponibles en quince (15) municipios preseleccionados incluyendo aspectos geográficos, mediciones directas y proyecciones estadísticas de las fuentes más importantes.
- Diseñar una posible solución de energización con fuentes alternativas a nivel de prefactibilidad que incluya redes inteligentes y generación distribuida para dos zonas específicas.
- Fortalecer una línea de investigación en gestión energética en la Universidad de Nariño con apoyo de la Universidad de los Andes, que facilite la formulación de proyectos sostenibles con base en los estudios de las principales fuentes alternativas identificadas.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema prototipo de red inteligente en el campus de la Universidad de Nariño para la apropiación e investigación de nuevas tecnologías en sistemas de distribución y generación con fuentes alternativas.

### **3.3. Población Afectada y Objetivo**

#### **Población Afectada**

Esta población hace parte de las zonas rurales de los 15 municipios del departamento de Nariño cuya cobertura de energía eléctrica está por debajo del 80%. De esta manera, la población afectada se estima en 236557 personas, de las cuales 123278 son hombres y 113279 son mujeres. En la Tabla 1 se resume la información de estos municipios según el censo del DANE en 2005.

Tabla 1. Población afectada.



	Municipios	Grupos Armados	% viviendas con Electricidad	Población total	Población Rural		
					Hombres	Mujeres	Total
1	Tumaco	Alta	77,4	161490	39431	36174	75605
2	Barbacoas	Media	51,7	30256	9556	8761	18317
3	Francisco Pizarro	Nula	20,4	11183	3218	2702	5920
4	Mosquera	Baja	57,9	11873	4112	3933	8045
5	Olaya Herrera	Baja	33,5	27225	12612	11333	23945
6	La Tola	Nula	79,8	8571	1439	1288	2727
7	El Charco	Baja	9,5	26163	9762	9484	19246
8	Santa Bárbara	Nula	48,0	8615	3136	2790	5926
9	Cumbitara	Nula	72,4	6142	2461	2323	4784
10	La cruz	Nula	68,0	17633	5955	5407	11362
11	Leiva	Baja	62,7	11825	4533	3990	8523
12	Magüí Payán	Media	26,3	13831	5641	4901	10542
13	Ricaurte	Baja	45,5	14669	6557	6027	12584
14	Roberto Payan	Media	33,2	17286	8519	7918	16437
15	Santacruz	Baja	58,0	16869	6346	6248	12594
<b>TOTAL</b>				<b>383631</b>	<b>123278</b>	<b>113279</b>	<b>236557</b>

### Población Objetivo

Se considera como la población objetivo a los habitantes de las regiones que serán escogidas para realizar el diseño técnico completo de la solución de energización rural, por lo tanto, aún no se puede establecer las características demográficas.

Ahora bien, teniendo en cuenta las características de los municipios y la cantidad de residencias y habitantes en cada vereda, se estima que una instalación de generadores con una capacidad total de 150 kW es adecuada. Si además, se estudia una solución energética con paneles solares, se tendría una capacidad adicional de 30 kW. Con base en las estimaciones de capacidad instalada promedio de una vivienda rural (0,8 kW) y con los datos promedio de 5 personas por vivienda, la población objetivo es de 1125 personas.

### 3.4. Resultados Esperados

Resultado esperado	Plazo	Fuente de Verificación	Supuestos
<b>Fase 3:</b> Estudio de factibilidad de generación energética aprovechando las fuentes con mayor viabilidad.	Corto plazo (1 año)	Proyecto estructurado.	Aprobación de este proyecto.
<b>Fase 3:</b> Estudio de factibilidad de sistema prototipo de investigación en el campus universitario	Corto plazo (1 año)	Proyecto estructurado.	Aprobación de este proyecto.
<b>Fase 4:</b> Implementación de una red inteligente prototipo en el campus de la Universidad de Nariño para pruebas de laboratorio y generación de proyectos de investigación para el desarrollo de este tipo de sistemas.	Mediano plazo (2 años)	Proyecto estructurado.	Aprobación de la Fase 3 del proyecto.
<b>Fase 4:</b> Implementación de un sistema de red inteligente en una zona rural con generación distribuida, medición inteligente, control de generación, bases de datos y un sistema de tarificación y cuantificación de beneficios en un mercado de energía real.	Mediano plazo (2 años)	Proyecto estructurado.	Aprobación de la fase 3 del proyecto.

**Plan de Energización Rural Sostenible para el  
Departamento de Nariño  
(PERS-NARIÑO)**

**Convenio Interinstitucional 110 de 2012**

**Universidad de Nariño**

José Edmundo Calvache  
RECTOR

Andrés Pantoja  
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo  
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)**

Ángela Cadena  
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey  
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio  
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para  
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres  
DIRECTOR GENERAL  
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez  
SUBDIRECTORA  
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de  
Soluciones Energéticas para las Zonas no  
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira  
DIRECTOR

Jairo Quintero  
COORDINADOR TÉCNICO PERS

