

Paz

Vida y Futuro

Energía Sostenible

Evolución

# DEMANDA ENERGÉTICA EN ZONAS RURALES DE NORTE DE SANTANDER



Plan de Energización Rural Sostenible

**pers**  
NORTE DE SANTANDER



## Tabla de Contenido

Contenido .....	1
Lista de tablas .....	6
Lista de figuras .....	8
Lista de Siglas .....	13
Glosario .....	14
Introducción .....	18
1. Objetivos .....	21
1.1.    Objetivos Generales .....	21
1.2.    Objetivos Específicos.....	22
2. Marco Referencial.....	25
2.1.    Marco Teórico.....	25
2.1.1.  Sistema interconectado nacional eléctrico de Colombia.....	25
2.1.2.  Índice de cobertura de energía eléctrica.....	33
2.1.3.  Consumo básico de subsistencia.....	36
2.1.4.  Proyección de la demanda energética.....	40
2.2.    Marco legal .....	42
3. Metodología .....	45
3.1.    Fuentes primarias .....	45
3.1.1.  Plan de Encuesta del PERS Norte de Santander.....	45

3.1.2.	Plan de Medición del PERS Norte de Santander. ....	45
3.2.	Fuentes secundarias .....	47
3.3.	Indicadores poblacionales de cobertura eléctrica .....	48
3.3.1.	Recopilación de información sobre usuarios. ....	48
3.3.2.	Criterios de selección y clasificación de información.....	51
3.3.3.	Determinación del número de viviendas y usuarios.....	52
3.3.4.	Cálculo del ICEE en cabecera municipal y zonas dispersas. ....	52
3.4.	Análisis del consumo básico de subsistencia.....	58
3.4.1.	Consumo típico de los usuarios en zonas rurales.....	58
3.4.2.	Consumo Básico de Subsistencia.....	59
3.5.	Metodología para la proyección de demanda de la UPME.....	62
4.	Caracterización de la demanda energética: Fuentes secundarias.....	64
4.1.	Caracterización del consumo de energía eléctrica en zonas rurales .....	64
4.1.1.	Consumo de energía eléctrica en zonas rurales.....	64
4.1.2.	Usuarios de energía eléctrica en zonas rurales.....	70
4.1.3.	Consumo promedio por usuario en zonas rurales. ....	78
4.2.	Potencia y consumo de energía eléctrica por transformador .....	85
4.2.1.	Potencia por transformador en alimentadores. ....	86
4.2.2.	Consumo de energía eléctrica por transformador. ....	90
5.	Análisis de la demanda energética: Fuentes primarias .....	92

5.1.	Indicadores poblacionales de cobertura de energía eléctrica.....	92
5.1.1.	Cobertura de energía eléctrica en Norte de Santander.....	92
5.1.2.	Análisis del índice de cobertura de energía eléctrica del departamento.....	100
5.2.	Consumo básico de energía por sectores.....	101
5.2.1.	Caracterización del consumo de energía en zonas interconectadas.....	101
5.2.2.	Consumo básico de subsistencia y eficiente para el sector residencial.....	102
5.2.3.	Consumo básico y eficiente para los sectores comercial y otros.....	105
5.3.	Diagnóstico energético residencial de Norte de Santander.....	108
5.3.1.	Análisis de las unidades primarias de muestreo.....	109
5.3.2.	Demanda energética por fuente.....	111
5.3.3.	Análisis del consumo de energía eléctrica por uso.....	120
5.3.4.	Medidas de uso racional de energía y eficiencia energética.....	130
6.	Análisis del servicio de energía eléctrica.....	137
6.1.	Cobertura de energía eléctrica por vivienda.....	137
6.2.	Continuidad del servicio de energía eléctrica.....	138
6.2.1.	Análisis Plan de Encuesta.....	138
6.2.2.	Análisis Plan de Medición.....	140
6.3.	Condiciones del aislamiento en viviendas.....	141
7.	Análisis de sustitutos energéticos para la energía eléctrica.....	143
7.1.	Capacidad de pago mensual en velas.....	144

7.2.	Capacidad de pago mensual en Baterías .....	146
8.	Proyección de la demanda energética .....	149
8.1.	Proyección energética Subregión Norte.....	150
8.2.	Proyección energética Subregión Oriental.....	150
8.3.	Proyección energética Subregión Occidental .....	151
8.4.	Proyección energética Subregión Centro.....	152
8.5.	Proyección energética Subregión Suroriental .....	152
8.6.	Proyección energética Subregión Suroccidental.....	153
9.	Conclusiones .....	154
10.	Recomendaciones.....	158
	Referencias Bibliográficas .....	160

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Niveles de tensión del sistema eléctrico colombiano.....	31
<b>Tabla 2.</b> Empresas comercializadoras de energía en Norte de Santander.....	32
<b>Tabla 3.</b> Transición de consumo de subsistencia.....	38
<b>Tabla 4.</b> Soluciones identificadas por IPSE-DISPAC.....	50
<b>Tabla 5.</b> Necesidades identificadas por el censo PERS-Norte de Santander 2017 .....	50
<b>Tabla 6.</b> Índice de cobertura de energía eléctrica de Norte de Santander, según OR.....	53
<b>Tabla 7.</b> Resumen de ICEE por subregión-CENS.....	54
<b>Tabla 8.</b> Viviendas sin servicio-Otras fuentes de información.....	56
<b>Tabla 9.</b> Consumo promedio en subregiones Centro, Norte y Occidental .....	69
Tabla 10. Usuarios subregiones Centro, Norte y Occidental – N. de S.....	75
<b>Tabla 11.</b> Usuarios subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental – N. de S.....	76
<b>Tabla 12.</b> Consumo promedio por usuario en subregiones Centro, Norte y Occidental.....	83
<b>Tabla 13.</b> Consumo promedio por usuario en subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental.....	84
<b>Tabla 14.</b> Potencia en transformadores de zonas rurales-Año 2016 .....	86
<b>Tabla 15.</b> Índice de cobertura de energía eléctrica por subregión.....	92
<b>Tabla 16.</b> Viviendas sin servicio por subregión .....	93
<b>Tabla 17.</b> Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio-ICEE 2016.....	95
<b>Tabla 18.</b> Viviendas sin servicio, subregiones Centro, Norte y Occidental .....	97
<b>Tabla 19.</b> Viviendas sin servicio, subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental .....	98
<b>Tabla 20.</b> Consumo Básico de Subsistencia Residencial (promedio) por subregión .....	104
<b>Tabla 21.</b> Factores de Expansión por subregión .....	110

<b>Tabla 22.</b> Porcentaje de uso de aparatos eléctricos .....	133
<b>Tabla 23.</b> Consumo de energía de equipamiento básico .....	134
<b>Tabla 24.</b> Resultados por municipio del Plan de Medición.....	140
<b>Tabla 25.</b> Potencia promedio aparente por vivienda-Plan de Medición .....	142
<b>Tabla 26.</b> Población y demanda energética por subregión.....	149

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Funcionamiento y administración del SIN. ....	25
<b>Figura 2.</b> Esquema del SIN de Colombia.....	26
<b>Figura 3.</b> Composición de la generación del SIN en 2016.....	27
<b>Figura 4.</b> Principales plantas generadoras de energía eléctrica en Colombia. ....	28
<b>Figura 5.</b> STN al STR del 2016, departamento Norte de Santander. ....	29
<b>Figura 6.</b> STN al STR por magnitud de voltaje - 2015, departamento Norte de Santander. ..	29
<b>Figura 7.</b> Metodología de Cálculo del ICEE.....	34
<b>Figura 8.</b> Función logística para la proyección de demanda energética. ....	41
<b>Figura 9.</b> Consumo total subregiones 2016.....	64
<b>Figura 10.</b> Promedio de consumo Subregión Centro – N. de S. ....	65
<b>Figura 11.</b> Promedio de consumo Subregión Norte – N. de S. ....	65
<b>Figura 12.</b> Promedio de consumo Subregión Occidental – N. de S.....	66
<b>Figura 13.</b> Promedio de consumo Subregión Oriental – N. de S. ....	66
<b>Figura 14.</b> Promedio de consumo Subregión Sur Occidental – N. de S. ....	67
<b>Figura 15.</b> Promedio de consumo Subregión Sur Oriental – N. de S. ....	68
<b>Figura 16.</b> Resumen de consumos energéticos por municipios en MW·h.....	69
<b>Figura 17.</b> Histograma de consumo energético mensual. ....	70
<b>Figura 18.</b> Usuarios en subregiones 2016. ....	71
<b>Figura 19.</b> Usuarios Subregión Centro - N. de S. ....	71
<b>Figura 20.</b> Usuarios Subregión Norte - N. de S. ....	72
<b>Figura 21.</b> Usuarios Subregión Occidental - N. de S. ....	73
<b>Figura 22.</b> Usuarios Subregión Oriental - N. de S. ....	73

<b>Figura 23.</b> Usuarios Subregión Sur Occidental - N. de S. ....	74
<b>Figura 24.</b> Usuarios Subregión Sur Oriental - N. de S.....	75
<b>Figura 25.</b> Resumen de usuarios con energía eléctrica por municipio.....	77
<b>Figura 26.</b> Histograma de usuarios con energía eléctrica. ....	77
<b>Figura 27.</b> Consumo promedio por usuario en subregiones para el 2016.....	78
<b>Figura 28.</b> Consumo por usuario Subregión Centro - N. de S. ....	79
<b>Figura 29.</b> Consumo por usuario Subregión Norte - N. de S.....	79
<b>Figura 30.</b> Consumo por usuario Subregión Occidental - N. de S.....	80
<b>Figura 31.</b> Consumo por usuario Subregión Oriental - N. de S.....	81
<b>Figura 32.</b> Consumo por usuario Subregión Sur occidental - N. de S. ....	81
<b>Figura 33.</b> Consumo por usuario Subregión Sur oriental - N. de S. ....	82
<b>Figura 34.</b> Promedio de consumo energético por usuario (kW·h/mes). ....	85
<b>Figura 35.</b> Histograma de consumo energético por usuario.....	85
<b>Figura 36.</b> Potencia aparente por municipio .....	88
<b>Figura 37.</b> Factor de potencia en transformadores por municipio .....	89
<b>Figura 38.</b> Promedio de consumo energético por transformador por municipio-Año 2016...	90
<b>Figura 39.</b> Índice de Cobertura de Energía Eléctrica por subregión .....	93
<b>Figura 40.</b> Viviendas sin servicio en Norte de Santander .....	94
<b>Figura 41.</b> Histograma del ICEE para Norte de Santander .....	96
<b>Figura 42.</b> Histograma del ICEE en Zonas Dispersas de Norte de Santander .....	96
<b>Figura 43.</b> Viviendas sin servicio eléctrico, por municipio, para Norte de Santander.....	100
<b>Figura 44.</b> Consumo básico de subsistencia Residencial por Municipios-Sin depurar .....	102
<b>Figura 45.</b> Consumo básico de subsistencia Residencial por Subregiones-Sin depurar .....	103

<b>Figura 46.</b> Consumo básico de subsistencia Residencial por Subregiones – Depurado .....	103
<b>Figura 47.</b> Consumo Básico de Subsistencia, promedio departamental y por subregión .....	105
<b>Figura 48.</b> Consumo básico de subsistencia comercial por municipios.....	105
<b>Figura 49.</b> Consumo básico de subsistencia comercial por subregiones .....	106
<b>Figura 50.</b> Consumo básico de subsistencia otros sectores por municipios.....	107
<b>Figura 51.</b> Consumo básico de subsistencia otros sectores por subregiones .....	108
<b>Figura 52.</b> Encuestas aplicadas por subregión-Diagnóstico energético .....	109
<b>Figura 53.</b> Ubicación de las viviendas rurales del departamento.....	110
<b>Figura 54.</b> Consumo de energía por fuente a nivel departamental.....	111
<b>Figura 55.</b> Consumo de energía departamental por subregión.....	112
<b>Figura 56.</b> Consumo de energéticos por subregión.....	113
<b>Figura 57.</b> Consumo de leña en viviendas por subregión .....	114
<b>Figura 58.</b> Consumo de energía eléctrica por uso a nivel departamental .....	114
<b>Figura 59.</b> Participación del consumo de Energía Eléctrica por subregión .....	115
<b>Figura 60.</b> Consumo promedio de Kerosene/Gasolina por subregión .....	116
<b>Figura 61.</b> Consumo promedio de GLP por subregión .....	117
<b>Figura 62.</b> Consumo promedio de gas natural por vivienda .....	119
<b>Figura 63.</b> Consumo promedio de ACPM .....	119
<b>Figura 64.</b> Consumo promedio de carbón vegetal .....	120
<b>Figura 65.</b> Consumo promedio de energía eléctrica en zonas rurales.....	121
<b>Figura 66.</b> Uso de E.E. para Refrigeración .....	122
<b>Figura 67.</b> Consumo promedio de E.E. para Refrigeración por subregión.....	122
<b>Figura 68.</b> Uso de E.E. para iluminación. ....	123

<b>Figura 69.</b> Consumo promedio de E.E. en iluminación por subregión .....	123
<b>Figura 70.</b> Tipo de bombilla utilizada-Departamental .....	124
<b>Figura 71.</b> Cantidad y tipo de bombilla por subregión .....	125
<b>Figura 72.</b> Uso de E.E. en aparatos eléctricos.....	125
<b>Figura 73.</b> Consumo promedio de E.E. en aparatos eléctricos por subregión .....	126
<b>Figura 74.</b> Uso de E.E. en calefacción .....	127
<b>Figura 75.</b> Consumo promedio de E.E. en calefacción por subregión .....	127
<b>Figura 76.</b> Uso de E.E. en ambiente.....	128
<b>Figura 77.</b> Consumo promedio de E.E. en ambiente por subregión .....	129
<b>Figura 78.</b> Uso de E.E. en cocción.....	129
<b>Figura 79.</b> Consumo promedio de E.E. en cocción por subregión.....	130
<b>Figura 80.</b> Uso de las neveras en las zonas rurales .....	131
<b>Figura 81.</b> Edad de las neveras en zonas rurales.....	131
<b>Figura 82.</b> Consumo eléctrico según la edad de la nevera .....	132
<b>Figura 83.</b> Uso de energía eléctrica por vivienda.....	137
<b>Figura 84.</b> Días con servicio de energía eléctrica por subregión .....	138
<b>Figura 85.</b> Días sin servicio de energía eléctrica durante una semana.....	139
<b>Figura 86.</b> Duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica en zonas rurales .....	139
<b>Figura 87.</b> Sustitutos energéticos en zonas rurales .....	143
<b>Figura 88.</b> Capacidad de pago promedio-sustituto Energético .....	144
<b>Figura 89.</b> Uso de velas en zonas rurales de Norte de Santander .....	144
<b>Figura 90.</b> Capacidad de pago mensual por vivienda-Velas .....	145

<b>Figura 91.</b> Capacidad de pago mensual por vivienda-Baterías tipo D.....	146
<b>Figura 92.</b> Capacidad de pago mensual por vivienda-Baterías tipo C .....	146
<b>Figura 93.</b> Capacidad de pago por vivienda-Pila AA .....	147
<b>Figura 94.</b> Capacidad de pago mensual-Pila AAA .....	148
<b>Figura 95.</b> Proyección de demanda eléctrica 2017-2032. Norte de Santander .....	149
<b>Figura 96.</b> Proyección de demanda eléctrica 2017-2032.Subregión Norte.....	150
<b>Figura 97.</b> Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Oriental.....	150
<b>Figura 98.</b> Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Occidental.....	151
<b>Figura 99.</b> Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Centro .....	152
<b>Figura 100.</b> Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Suroriental .....	152
<b>Figura 101.</b> Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Suroccidental .....	153

## **Lista de Siglas**

**PERS:** Plan de Energización Rural Sostenible

**IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**UPME:** Unidad de Planeación Minero-Energética

**CENS:** Centrales Eléctricas de Norte de Santander

**IPSE:** Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

**UFPS:** Universidad Francisco de Paula Santander

**GIDMA:** Grupo de Investigación y Desarrollo en Microelectrónica Aplicada

**SIN:** Sistema Interconectado Nacional

**ZNI:** Zonas No Interconectadas

**VSS:** Vivienda Sin Servicio

**NTC:** Norma Técnica Colombiana

**MME:** Ministerio de Minas y Energía

## Glosario

**Área Rural o Resto Municipal (R):** se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas (CENS, 2004).

**Cabecera Municipal (CM):** es el área geográfica que está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por acuerdos del Concejo Municipal. Corresponde al lugar en donde se ubica la sede administrativa de un municipio.

**Cargo mínimo:** El cargo mínimo por disponibilidad del servicio se cobra únicamente cuando la liquidación de los consumos del usuario, junto con el cargo fijo que esté vigente, sea inferior a dicho cargo mínimo. Este cobro reemplaza la liquidación y cobro de los consumos del usuario y el cargo fijo correspondiente. (Resolución CREG 079 de 1997).

**Cargo por conexión:** Comprende los costos asociados a la acometida y el medidor (Resolución CREG 225 de 1997). Se cobra por una sola vez, en el momento de efectuar la conexión al servicio. (Resolución CREG 079 de 1997).

**Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. ESP:** es la empresa encargada de la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de transmisión, distribución y comercialización en el departamento de Norte de Santander.

**Contribución:** al aporte del 20% del costo del servicio (CU) para subsidiar los consumos de personas de menores ingresos. (CREG 079 de 1997)

**Índice de Cobertura del servicio de Energía Eléctrica (ICEE):** El Índice de Cobertura Eléctrica, se refiere al número de viviendas (usuarios que poseen el servicio de energía eléctrica), con respecto al número total viviendas de una región determinada, y es expresado en porcentaje.

**Ministerio de Minas y Energía (MME):** El MME es una entidad pública de carácter nacional, cuya responsabilidad es administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de estos, garantizando abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales.

**Plan de Expansión de la Cobertura de los Operadores de Red (PECOR):** Es el plan, planes, programas o proyectos que pueden ser incluidos dentro de los planes de expansión eléctrica del Sistema Interconectado Nacional – SIN, soportados en las necesidades identificadas por las Entidades Territoriales y los Operadores de Red, teniendo como punto de referencia el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura – PIEC

**Plan de Energización Rural Sostenible (PERS):** Los Planes de Energización Rural Sostenible departamentales o regionales, denominados PERS, son planes estructurados a partir de un análisis de los elementos regionales relevantes en materia de emprendimiento, productividad y energización rural que permiten identificar, formular y estructurar lineamientos y estrategias de desarrollo energético rural así como proyectos integrales y sostenibles de suministro y aprovechamiento de energía para un período de mínimo 15 años, donde no solamente su objeto sea proveer el servicio, sino que apoyen el crecimiento y el desarrollo de las comunidades rurales de las regiones objetivo.

**Plan Indicativo para el Expansión de la Cobertura (PIEC):** Plan de la expansión de cobertura del servicio de energía eléctrica, en el cual se incluyen análisis sobre alternativas energéticas de energías renovables. El PIEC es la base para que el Ministerio de Minas y Energía – MME, determine las necesidades y prioridades de desarrollo de infraestructura para extender la cobertura del servicio público domiciliario energía eléctrica.

**Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial para la Paz (PDET):** El Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial- PDET es un proceso de construcción y participación a 10 años, que va a reflejar la visión colectiva de los actores del territorio. El objetivo de los PDET es lograr la transformación estructural del campo y el ámbito rural, y un relacionamiento equitativo entre el campo y la ciudad, asegurando: bienestar de la población, protección de la riqueza pluriétnica y multicultural, desarrollo e integración de las regiones abandonadas y golpeadas por el conflicto, desarrollo de la economía campesina, entre otros.

**Operador de Red (OR):** Es la entidad encargada de la planeación de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de transmisión regional o del sistema de distribución local.

**Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME):** La UPME es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, cuyo objetivo es planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con las entidades del sector minero energético el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros.

**Sistema Interconectado Nacional (SIN):** Artículo 11 de la Ley 143 de 1994 "Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios".

**Sistemas Solares Fotovoltaicos (SSFV):** Los sistemas solares fotovoltaicos convierten la energía solar en electricidad. Existen tres tipos de sistemas; conectado a la red sin baterías, conectado a la red y con respaldo de baterías, y sistema aislado sin conexión a la red eléctrica.

**Subsidio:** Es la diferencia entre lo que se paga por un bien o servicio y el costo de este, cuando tal costo es mayor al pago que se recibe. (Resolución CREG 079 de 1997).

**Tarifa:** Es el cobro que se le hace al usuario según su estrato o caracterización socioeconómica (industrial o comercial), y se obtiene de restar al costo unitario un subsidio determinado y asignado por el Ministerio de Minas y Energía. (Resolución CREG 079 de 1997).

**Usuario del servicio de energía eléctrica (Usuario):** Persona natural o jurídica que se beneficia con la recepción de un servicio público (en este caso energía eléctrica). También denominado consumidor.

**Vivienda (V):** De acuerdo con la definición del DANE, es un espacio independiente y separado con áreas de uso exclusivo, habitado o destinado a ser habitado por una o más personas.

**Zona no Interconectada:** Artículo 1 de la Ley 855 de diciembre 18 de 2003 “para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por zonas no interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al sistema interconectado nacional, SIN” (CENS, 2004).

## Introducción

El Plan de Energización Rural Sostenible (PERS) para Norte de Santander es el resultado del esfuerzo conjunto entre el Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) para las Zonas No Interconectadas (ZNI), la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) y la Cancillería Colombiana; por diseñar y definir el mapa de ruta energético del departamento para los próximos 15 años, con el propósito de alcanzar el 100% de cobertura de energía eléctrica, impulsar y fortalecer procesos productivos que dinamicen la economía en las ZNI del departamento y transformar el contexto sociodemográfico de las zonas rurales.

El análisis de la demanda energética en las zonas rurales del departamento es uno de los principales productos del PERS. En este documento, a cargo del Grupo de Investigación y Desarrollo en Microelectrónica Aplicada (GIDMA) de la UFPS, se compilan los resultados de la caracterización y análisis de la demanda energética a nivel departamental, subregional y municipal de Norte de Santander; se presentan los resultados del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE); se determina el Consumo Básico de Subsistencia para cada sector (residencial, comercial y otros); se analiza el servicio de energía eléctrica en las zonas rurales y, finalmente, se proyecta la demanda energética departamental y subregional para el periodo 2017-2032.

En el capítulo 1, se presentan los objetivos generales y específicos planteados para el desarrollo del análisis y proyección de la demanda energética. En el capítulo 2, se hace una descripción del Sistema de Interconectado Nacional (SIN), las normativas que rigen el cálculo de Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE), la regulación y estimación del

consumo Básico de Subsistencia (CBS) de energía eléctrica y se detalla la metodología de proyección de la demanda de energía eléctrica, establecida por la UPME. En el capítulo 3, se discuten las metodologías de trabajo para el análisis de la información proveniente de las fuentes de información primarias y secundarias, el análisis de los indicadores poblacionales de cobertura de energía eléctrica, la identificación de variables para la estimación del CBS y la adaptación de la metodología para la proyección de la demanda energética para aplicarse a las zonas rurales del departamento.

En el capítulo 4, se detalla la caracterización de la demanda energética del departamento mediante fuentes secundarias de información. En el capítulo 5, se presentan los resultados obtenidos para el ICEE del departamento, el CBS para los sectores residencial, comercial y otros, y se describe el diagnóstico energético residencial obtenido mediante el Plan de Encuesta del PERS, por tipo de energético y su uso en los hogares de las zonas rurales del departamento.

El capítulo 6 hace una descripción del análisis del servicio de energía eléctrica desde el análisis de la cobertura; se presentan los resultados obtenidos mediante encuestas y mediciones residenciales con respecto a la continuidad del servicio, se analizan las condiciones del aislamiento en las viviendas y se estima la potencia promedio consumida en cada hogar objeto de estudio. En el capítulo 7, se analiza el consumo de sustitutos energéticos de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento, describiendo la capacidad de pago mensual mediante el uso de velas y baterías. En el capítulo 8, se presentan la proyección de la demanda de energía eléctrica del departamento y para cada subregión, para el periodo 2017-2032.

Finalmente, las conclusiones y lecciones aprendidas de este ejercicio de análisis de la demanda energética en las zonas rurales del departamento Norte de Santander se presentan en los capítulos 9 y 10, respectivamente.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivos Generales

- Determinar el Índice de Cobertura de Energía Eléctrica del departamento Norte de Santander a través de información secundaria, con base en la metodología propuesta por la UPME.
- Caracterizar y estimar la demanda energética actual en las zonas rurales de Norte de Santander.
- Determinar el consumo básico de subsistencia para las zonas rurales del departamento Norte de Santander.
- Analizar la calidad del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento Norte de Santander.
- Proyectar la demanda de energía en zonas rurales de Norte de Santander, con base en la metodología propuesta por la UPME.

## 1.2. Objetivos Específicos

- *Índice de Cobertura de Energía Eléctrica*

Recopilar información con respecto al número de viviendas con servicio de energía eléctrica mediante fuentes de información secundarias.

Analizar la información a través de diferentes herramientas estadísticas como gráficas de sectores, diagramas de barras y gráficas de dispersión.

Evaluar el índice de energía eléctrica en el departamento, emitiendo resultados y conclusiones de la información tratada.

- *Caracterización de la demanda energética*

Recopilar y clasificar información secundaria suministrada por Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS) y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), que permitan obtener datos relacionados con el consumo eléctrico, índice de consumo energético y proyección de demanda energética.

Analizar y validar los datos obtenidos a través de las fuentes de información secundaria y primaria.

Estimar la demanda energética actual de las zonas rurales de Norte de Santander, con base en la información obtenida.

- ***Análisis del consumo básico de subsistencia***

Recopilar información secundaria correspondiente a los consumos de energía eléctrica en las zonas rurales de Norte de Santander.

Analizar la información secundaria para obtener el consumo típico de un usuario en la zona rural de Norte de Santander.

Recopilar la información primaria correspondiente a los electrodomésticos utilizados por usuarios en las zonas rurales de Norte de Santander, a partir de los resultados del Plan de Encuesta del PERS.

Analizar la información primaria para establecer el consumo básico de subsistencia en las zonas rurales de Norte de Santander.

- ***Análisis de la calidad del servicio de energía eléctrica***

Analizar el consumo de energía eléctrica por transformadores en alimentadores de las zonas rurales de Norte de Santander, con base en información del operador de red.

Evaluar el estado del aislamiento de las instalaciones eléctricas residenciales seleccionadas en el Plan de Medición del PERS-Norte de Santander.

Caracterizar la calidad del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales de Norte de Santander.

- ***Proyección de demanda de energía***

Determinar la demanda inicial para las zonas rurales de cada municipio con base en los resultados de consumo energético del Plan de Encuesta del PERS-Norte de Santander.

Estimar la demanda final para las zonas rurales de cada municipio con base en la información obtenidas de fuentes secundarias.

Determinar la cantidad de usuarios para las zonas rurales de cada municipio con base en el Índice de Cobertura de Energía Eléctrica, ajustados por el PERS-Norte de Santander.

Proyectar la demanda de energía eléctrica para las zonas rurales de cada municipio de Norte de Santander, con base en la herramienta computacional suministrada por la UPME.

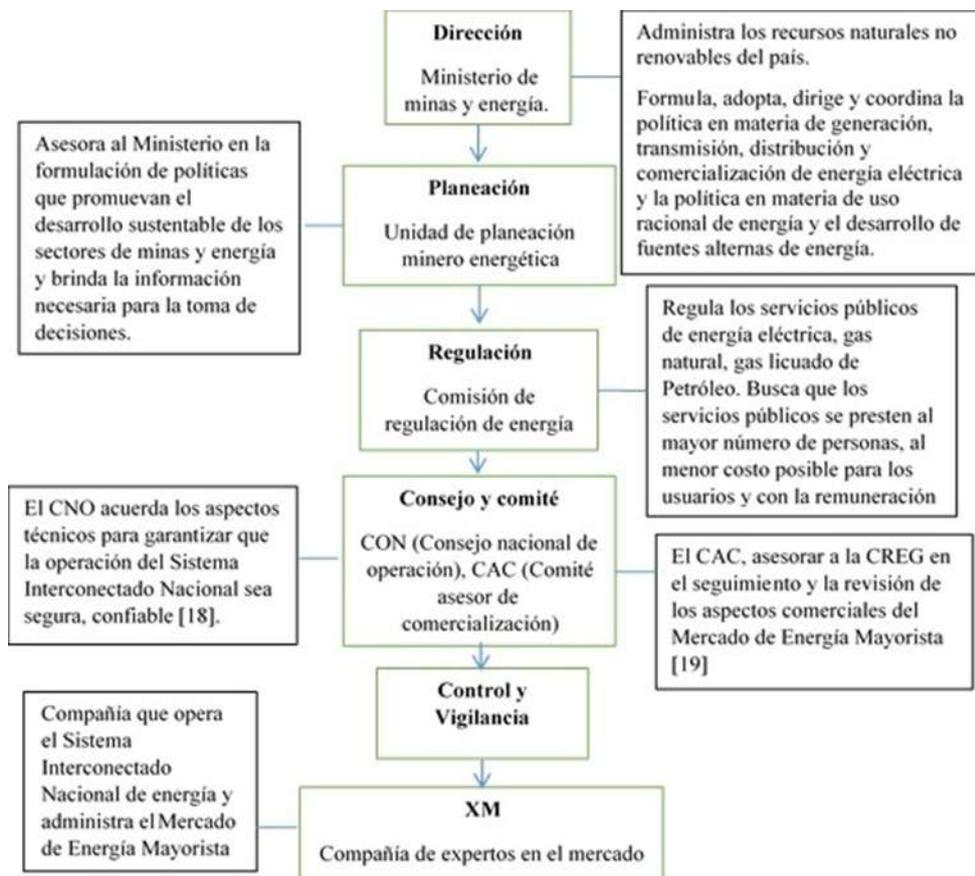
## 2. Marco Referencial

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1. Sistema interconectado nacional eléctrico de Colombia.

El sistema eléctrico colombiano tiene cuatro (4) componentes: generación, transmisión, distribución y comercialización; los cuales se componen por elementos como generadores, transformadores, líneas de electricidad y cargas eléctricas. En la Figura 1 y Figura 2 respectivamente, se muestran el funcionamiento y la administración del SIN y un esquema en que se detallan sus componentes.

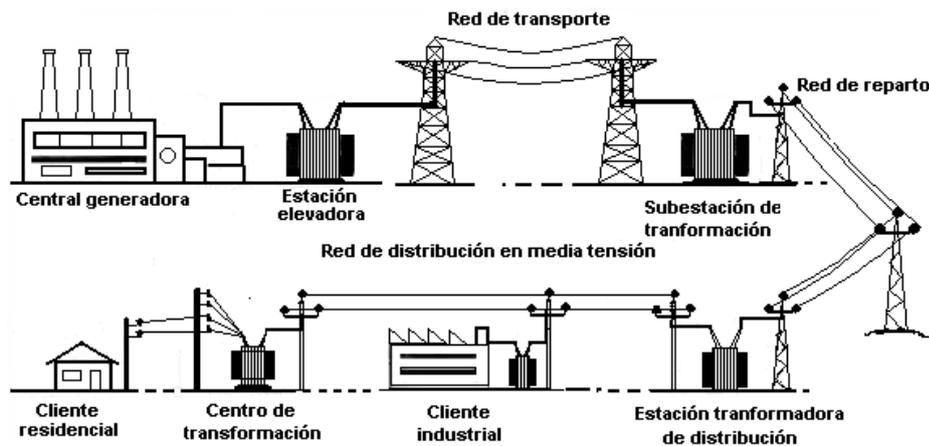
**Figura 1.** Funcionamiento y administración del SIN.



Fuente: UPME (2017).

En la Figura 2, se observa el proceso de transformación y distribución de la energía eléctrica desde la central generadora hasta las residencias, industrias y comercios.

**Figura 2.** Esquema del SIN de Colombia

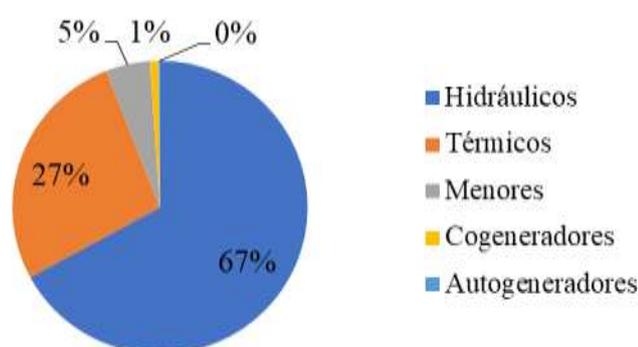


El esquema del SIN inicia con la generación de energía en las centrales generadoras; continúa, con la elevación de los niveles de tensión para la transmisión a través de las redes de transporte; seguidamente, al llegar a los alrededores de la población objetivo se utilizan subestaciones de transformación y se ingresa la energía a las redes de reparto; finalmente, se lleva el servicio de energía eléctrica a los usuarios a través de estaciones de distribución que al conectarse con la red de media tensión logran la transmisión de la electricidad.

**Generación.** En esta etapa, la energía eléctrica es generada en diferentes plantas de energía como lo son las centrales térmicas, las hidroeléctricas, las granjas fotovoltaicas, las granjas eólicas, etcétera; las cuales transforman la energía mediante algún proceso físico o químico, en energía eléctrica. La tensión de salida de una planta generadora de energía eléctrica está en el rango de los 10 kV a 13,8 kV.

El parque de generación de energía colombiano está compuesto por generadores hidráulicos, térmicos, generadores menores (en los que se encuentran pequeñas centrales térmicas e hidráulicas, además de energía eólica), cogeneradores (aquellos que generan dos tipos de energía, como la eléctrica y la térmica que se usan para la ejecución de sus procesos) y los auto-generadores, que son entidades que producen energía para abastecerse y que pueden vender sus excedentes al SIN (por ejemplo Reficar, Argos Yumbo, Argos Cartagena, entre otros). En la Figura 3 se aprecia la participación porcentual de cada uno de estos recursos en el sistema eléctrico colombiano.

**Figura 3.** Composición de la generación del SIN en 2016.



Fuente: UPME (2016).

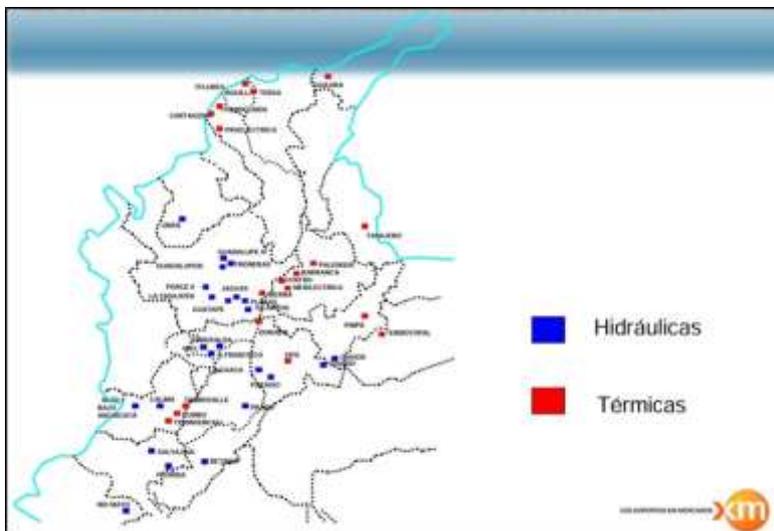
En la Figura 3 se observa que más de dos terceras partes (2/3) de la energía eléctrica generada en Colombia es llevada a cabo por generadoras hidráulicas, a ésta le siguen las generadoras térmicas con un 27% de participación; mientras que, los generadores menores, cogeneradores y auto-generadores representan alrededor del 6% de generación en el SIN.

La Figura 4 muestra la ubicación de los principales generadores de energía en Colombia, que incluye generadores térmicos e hidroeléctricos. En esta figura se aprecia que Norte de

Santander cuenta con Termotasajero como única planta generadora termoeléctrica, ubicada en San Cayetano y emplazada en los márgenes del río Zulia.

Esta planta se divide en dos generadoras: Termotasajero 1 con una potencia neta de 153 MW y Termotasajero 2 con una capacidad adicional de 1332 MWh-año, ambas plantas usan como principal combustible el carbón, y como combustibles auxiliares el Fuel-Oil y ACPM.

**Figura 4.** Principales plantas generadoras de energía eléctrica en Colombia.



Fuente: UPME (2016).

**Transmisión.** El Sistema de Transmisión Nacional (STN) es el encargado de conectar las centrales de generación de energía (mencionadas anteriormente) con los sistemas de distribución, esto lo hace a través de redes eléctricas de largas extensiones (25.153,7 km para el SIN) que manejan valores de tensión muy altos (230 – 500 kV) con lo cual logran reducir las pérdidas producidas en el transporte de la electricidad en grandes distancias.

La empresa Interconexión Eléctrica S.A. ESP es el principal transportador en el STN, siendo propietaria de cerca del 75% de los activos de la red. Los transportadores restantes,





Fuente: UPME (2016).

En la Figura 6 se observa la interconexión entre el STN y el STR en Ocaña a través de la red 500 kV de interconexión de ISA, que proviene desde Copey, Cesar, y que continúa hasta Sogamoso en Boyacá.

**Distribución.** Una vez recibida la energía eléctrica desde las redes de transmisión, esta se distribuye a los usuarios finales (regulados y no regulados) y comercializada por las entidades correspondientes, a través de redes de electricidad que manejan niveles de media y baja tensión (media tensión para usuarios industriales 1 kV – 57,5 kV y baja tensión para usuarios residenciales 25 V– 1 kV), transformando los niveles de tensión provenientes de la red de transporte a valores de tensión para consumo por parte de los usuarios finales.

El SIN maneja dos sistemas de distribución por separado, estos son Sistema de Distribución Regional (SDR) el cual está compuesto por redes de transmisión regionales o interregionales, y el Sistema de Distribución Local (SDL) los cuales solo se dedican a la distribución municipal, distrital y local.

En la Tabla 1 se presentan los niveles de tensión del servicio de energía eléctrica para el SIN, estos van desde Extra Alta Tensión (EAT) hasta Baja Tensión (BT).

**Tabla 1.** Niveles de tensión del sistema eléctrico colombiano.

Nivel de tensión del Servicio	Voltaje Nominal entre Fases
<b>Extra alta tensión (EAT)</b>	Tensiones superiores a 230 kV
<b>Alta tensión (AT)</b>	Tensiones mayores o iguales a 57,7 kV y menores o iguales a 230 kV
<b>Media tensión (MT)</b>	Tensión nominal superior a 1 kV e inferior a 57,7kV
<b>Baja tensión (BT)</b>	Tensión nominal mayor igual a 25V y menor o igual a 1000 V.

Fuente: Tabla tomada de UPME (2016).

Los niveles de tensión van desde 25 V hasta 1000 V para Baja Tensión, correspondiente al consumo por parte de los usuarios, hasta valores superiores a 230 kV que son necesarios en las redes de distribución del SIN para reducir las pérdidas asociadas al transporte de energía.

**Comercialización.** La comercialización consiste en la compra de energía eléctrica en el mercado mayorista y su venta a los usuarios finales, regulados o no regulados, bien sea que desarrolle esa actividad en forma exclusiva o combinada con otras actividades del sector eléctrico (UPME, 2016).

Para la comercialización de la energía eléctrica a los usuarios finales, el marco regulatorio de la CREG establece una separación de estos usuarios en dos categorías, usuarios regulados y no regulados; en el cual para los usuarios regulados establece una tarifa a través de un

modelo matemático y para los usuarios no regulados los precios de compra y venta son establecidos por cada una de las partes.

Un aspecto importante en la comercialización en Colombia es la bolsa de energía, la cual es una figura comercial para recibir ofertas y demandas del mercado eléctrico y que permite la compra y venta de energía eléctrica en un ambiente de competencia; esta bolsa es manejada por el Administrador de Sistemas de Intercambio Comerciales (ASIC). Para el año 2016, el máximo valor, en la bolsa nacional horario, se presentó el 17 de marzo alcanzando 884,84 \$/kWh y el valor mínimo el 9 de diciembre con 61,10 \$/kWh. Además, se observó que los precios más altos (superiores a los 800\$/kWh) estuvieron directamente influenciados por el *Fenómeno del Niño*, el cual se presentó durante los meses de marzo a abril; luego de esto, se observó una caída para los meses restantes del precio de la energía, el cual no superó el valor de 347,10 \$/kWh (UPME, 2016).

Las empresas de comercialización del servicio de energía eléctrica en Norte de Santander se relacionan en la Tabla 2. En total el departamento cuenta con doce (12) empresas dedicadas a la comercialización del servicio, tanto para los usuarios regulados como no regulados.

**Tabla 2.** Empresas comercializadoras de energía en Norte de Santander.

No.	Empresas comercializadoras	Sede principal
1	Central hidroeléctrica de Betania S.A. E.S.P.	Carrera 11 82-76, piso 4, Bogotá, Distrito Capital
2	Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.	Avenida Aeropuerto 5N - 220 Barrio Sevilla, Cúcuta, Norte de Santander
3	Compañía de generación del Cauca S.A. E.S.P.	Avenida 6 Norte No.47N - 32, Cali - Valle del Cauca

No.	Empresas comercializadoras	Sede principal
4	Distribuidora y comercializadora de energía- Electr	Carrera 24A No. 14A-25, Palmira (Valle Del Cauca)
5	Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.	Carrera 19 No. 24 - 56 Bucaramanga, Santander
6	Electrificadora del Caribe S.A. ESP	Carrera 55 No. 72 - 109 Piso 7, Barranquilla (Atlántico)
7	Empresa de energía de Boyacá S.A. ESP	Carrera 10 N. 15-87, Tunja (Boyacá)
8	Empresas públicas de Medellín E.S.P.	Cra. 58 No 42-125, Medellín (Antioquia)
9	Enertotal S.A. E.S.P.	Calle 22 Nte No. 6 An24, Piso 8, Cali (Valle Del Cauca)
10	Isagen S.A. E.S.P.	Carrera 30 No. 10C-280, Transversal Inferior, El Poblado Medellín (Antioquia)
11	Ruitoque energía S.A.S E.S.P.	Carrera 25 N° 29-57 Local 2 La Cava Centro Comercial Cañaveral, Floridablanca (Santander)
12	Ruitoque S.A. E.S.P.	Carrera 25 No. 29-57 Local 2 La Cava C.C. Cañaveral, Floridablanca (Santander)

Fuente: Xm-Group

### 2.1.2. Índice de cobertura de energía eléctrica.

“El Índice de Cobertura del servicio de Energía Eléctrica (ICEE) se establece como la relación entre los usuarios del servicio de energía eléctrica y las viviendas” (UMPE, 2017). Este puede estimarse con base en la ecuación (1) según la metodología para la estimación del Índice de Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica (UPME, 2017), donde se define como la relación entre las viviendas con servicio y el total de viviendas de cada municipio.

$$ICEE_{t,i} = \frac{U_{t,i}}{V_{t,i}} * 100\% \quad (1)$$

Para tales efectos:

$ICEE_{t,i}$ : Índice de cobertura de energía eléctrica en el año t del municipio i

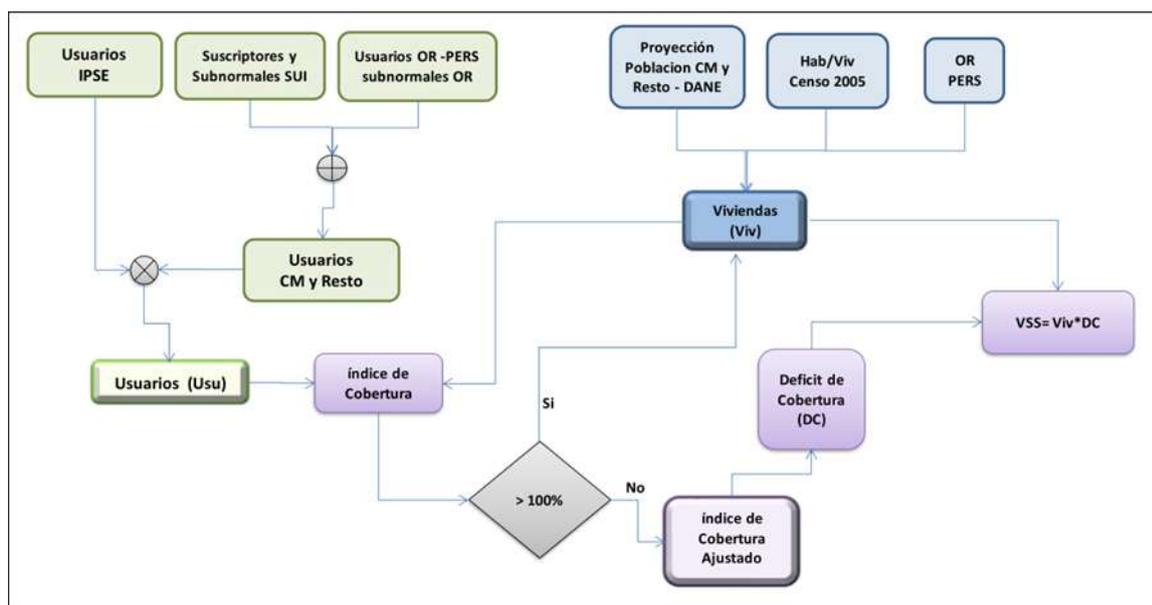
$U_{t,i}$ : Usuarios del servicio de energía eléctrica en el año t del municipio i

$V_{t,i}$ : Cantidad de viviendas para el año t del municipio i

Entiéndase por usuarios, aquellas unidades de vivienda que poseen servicio de energía eléctrica, y viviendas, la totalidad de viviendas con y sin servicio de energía eléctrica. De acuerdo con esto se realizaron los cálculos del ICEE en el departamento de Norte de Santander.

**Metodología de cálculo del ICEE-UPME.** La metodología usada para calcular el ICEE en el presente documento se basa en la metodología usada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (UPME, 2017), ésta es descrita a través del diagrama de flujo de la Figura 7.

**Figura 7.** Metodología de Cálculo del ICEE



Fuente: UPME (2017)

En esta metodología se plantea inicialmente la recolección de la información (sobre las viviendas con servicio de energía eléctrica en los municipios y zonas rurales) suministrada por los operadores de red; también se recoge la información (acerca de las viviendas que tienen el servicio de energía eléctrica con otra solución de energía como lo pueden ser las

plantas diésel, los sistemas fotovoltaicos, los sistemas eólicos y otros) proveniente del Instituto para la promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) del Ministerio de Minas y Energía (MME). Además, se agrega información proveniente de los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) de los departamentos Nariño, Guajira, Tolima y Chocó.

Luego de recopilar la información de cada uno de los entes mencionados, se hace una validación de la información, teniendo en cuenta el número de viviendas clasificadas como urbanas y rurales. En el caso de no tener estos datos se procede a realizar el cálculo del número de viviendas con información del CENSO DANE 2005, utilizando las ecuaciones (2) y (3).

$$\text{Índice de habitantes} = \frac{\text{Habitantes}_{\text{Censo 2005}}}{\text{Viviendas}_{\text{Censo 2005}}} \quad (2)$$

$$V_{t,i} = \text{Pob}_{t,i} * \left( \frac{\text{Viv}}{\text{Hab}} \right)_{\text{Censo Vigente}} \quad (3)$$

En dónde:

$V_{t,i}$  = Cantidad de viviendas para el año t del municipio i

$\text{Pob}_{t,i}$  = Población para el año t, del municipio i según proyecciones del DANE.

Con base en esta información se procede a realizar el cálculo del ICEE de cada municipio utilizando la ecuación (1) tanto para usuarios de zonas rurales como para los usuarios de las zonas urbanas en determinado año.

A continuación, se analiza si el ICEE es del 100% o si de lo contrario es inferior. En el caso de que se obtenga el valor del 100%, se ajusta el valor de viviendas al número de

viviendas con servicio. Finalmente, en el caso de que este índice sea inferior al 100%, se estima el valor de las viviendas sin servicio como el valor de las viviendas multiplicado por el déficit de cobertura (100% - ICEE), el cual es presentado en la ecuación (4), tal como lo propone la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

$$V_{ss} = Viv \cdot DC \quad (4)$$

En donde:

$$Viv = V_{t,i}$$

$DC$  = déficit de cobertura, igual a 100%-ICEE

### 2.1.3. Consumo básico de subsistencia.

*Aspectos técnicos eléctricos.* La definición de consumo de subsistencia fue realizada en el artículo 11 de la ley 143 de 1994, “*Se define como consumo de subsistencia, la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer necesidades básicas que solamente puedan ser satisfechas mediante esta forma de energía final*”.

La resolución 086 de 1986 de la Junta Nacional de Tarifas (JNT) establece el Consumo Básico de Subsistencia hasta 100 kWh/mes cuando existan posibilidades de sustitución energética y hasta 200 kWh/mes cuando no exista dicha posibilidad; lo anterior se reafirma en las resoluciones 090 de 1990 y 070 de 1993 de la JNT. Por otro lado, en la Ley 0188 de 1995, artículo 4.1.3.5, se menciona en el programa de inversión social (subsídios), destinado a cubrir el valor de los subsidios por consumo eléctrico y por consumo de subsistencia, en los estratos socioeconómicos I, II y III de acuerdo a la Ley 143 de 1994; para lo cual se estipula

mantener 200 kWh/mes para todos los usuarios del sector eléctrico en el territorio de la nación (DNP, 2001).

En 1997 la CREG contrató la firma consultora IGNACIO CORAL para realizar un estudio que diera como resultado el Consumo Básico de Subsistencia. Este estudio consideró en su metodología lo siguiente:

- Estadística relacionada con electrométricos y consumo.
- Que el Consumo Básico de Subsistencia satisfaga las necesidades básicas.
- Utilizó la jerarquía de necesidades de Maslow.
- Relación entre necesidades básicas y electrodomésticos.
- Determinó que el piso térmico de la región es la principal variable que afecta el consumo de electricidad.

Además, el artículo 8 de la Ley 632 de 2000 estableció que el Ministerio de Minas y Energía, a través de la UPME, determinaría, qué se entiende por Consumo de Subsistencia, así como el período de transición adecuado para ajustar el antiguo valor del Consumo Básico de Subsistencia al nuevo valor.

El estudio realizado por la firma consultora IGNACIO CORAL para la CREG en 1997 fue actualizado por la UPME en 2003 donde se tuvieron en cuenta y analizaron las ventajas y desventajas de los diferentes escenarios, como:

- Las regiones asociadas a los pisos térmicos.
- Los sustitutos energéticos.

- La combinación de los dos anteriores.
- Un nivel único de consumo de subsistencia para todo el país.

Se consideraron dos pisos térmicos: cálido para alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar, y templado-frío para 1000 o más metros sobre el nivel del mar.

Mediante la resolución 0355 de 2004, se establece que el consumo de subsistencia es de 173 kWh-mes para alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar y para alturas superiores a esta, será de 130 kWh-mes (UPME, 2016). Dicha ley también elaboró la transición del consumo de subsistencia anterior, que era de 200 kWh-mes, a los nuevos valores establecidos los cuales empezaron a regir el 1 de agosto de 2004, esta transición se relaciona en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Transición de consumo de subsistencia.

Año	Consumo de subsistencia kWh-mes	
	Alturas < 1000 msnm	Alturas ≥ 1000 msnm
2004 (a partir de la vigencia de la presente resolución)	193	182
2005	186	165
2006	179	147
2007 en adelante	173	130

Fuente: Resolución UPME 0355 de 2004.

**Aspectos humanos.** Para hallar el consumo básico de subsistencia es necesario tener en cuenta el aspecto humano, su desarrollo económico y social, para esto se tiene en cuenta la “*Teoría del Desarrollo Humano*” realizada por Abraham Maslow, la cual fue utilizada en un estudio del consumo básico de subsistencia en 1997 por la firma Consultora Ignacio Coral

para la CREG, el cual fue actualizado por la UPME en el 2003, esta teoría explica la adquisición de electrodomésticos según las necesidades de los usuarios y por tanto el consumo de energía eléctrica de los mismos.

El psicólogo humanista Abraham Maslow propuso la tesis de que el ser humano nace con cinco sistemas de necesidades, la teoría dice que cuando un sistema de necesidades se satisface, surgen nuevas necesidades superiores a las satisfechas y nace el siguiente sistema en orden jerárquico, dichos sistemas de necesidades ordenadas en forma jerárquica se encuentran relacionadas a continuación:

*Fisiológicas:* Estas necesidades comprenden la preparación y conservación de los alimentos, protección contra temperaturas extremas, agua, oxígeno, sueño, estimulación sensorial, necesidad de aliviar la fatiga y actividad.

*De seguridad o protección:* Este ítem contempla la seguridad interna y externa, ausencia de peligro, agilidad y eficiencia de las actividades nocturnas, eliminación del temor a la oscuridad, etc.

*De Amor:* esta necesidad se relaciona con la afiliación, aceptación y pertenencia, destinadas a establecer comunicaciones afectivas con la gente y a ocupar un sitio dentro del grupo.

*De estimación:* Incluyen éxito, aprobación, competencia y reconocimiento. La satisfacción de estas necesidades va acompañada de sentimientos de confianza, consideración, fortaleza y utilidad.

*De auto-realización:* Explora y manipula el ambiente, desarrolla la curiosidad que suele estar relacionada con la necesidad de estimulación sensorial: ver televisión, escuchar música, entre otros.

#### **2.1.4. Proyección de la demanda energética.**

La metodología de la UPME para la proyección de energía eléctrica implementa un modelo para la estimación en zonas rurales, que toma como insumo principal la información primaria y secundaria recopilada en la metodología PERS para cada zona de estudio.

Para estimar la proyección de demanda en el área rural de cada municipio, incluyendo zonas no interconectadas, se hace uso de la función logística que modela la función sigmoidea de crecimiento de una población. Esto implica aumentar el consumo de energía con base a tasas integradas por el usuario al sistema.

Esta técnica consiste en el ajuste de la función tangente hiperbólica para delimitar el rango de la demanda a valores positivos. Al realizar el ajuste y cambio de escala se obtiene la función que se muestra en la ecuación 5.

$$D(x) = \frac{k \cdot e^{ax}}{1 + e^{ax}} \quad (5)$$

Dónde:

$\alpha$ : pendiente

$k$ : coeficiente de cota superior

$x$ : año

Para determinar la demanda inicial y final se definen las ecuaciones 6 y 7.

$$Demanda_{inicial}(D_0) = \frac{k \cdot e^{-\alpha \frac{L}{2}}}{1 + e^{-\alpha \frac{L}{2}}} \quad (6)$$

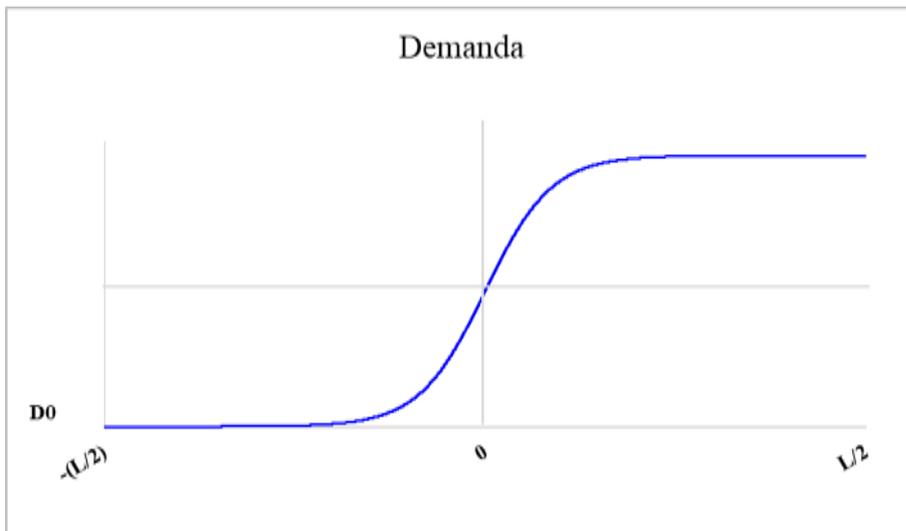
$$Demanda_{final}(D_1) = \frac{k \cdot e^{\alpha \frac{L}{2}}}{1 + e^{\alpha \frac{L}{2}}} \quad (7)$$

Para esta ecuación se cambió  $x$ , por  $L$  para definir el número total de años. Además, al reemplazar las ecuaciones 6 y 7 en la ecuación 5, se obtiene la función logística para la proyección de demanda.

$$D(x) = \frac{(D_1 + D_0) \cdot \left(\frac{D_1}{D_0}\right)^{\frac{2x}{L}}}{1 + \left(\frac{D_1}{D_0}\right)^{\frac{2x}{L}}} \quad (8)$$

En la Figura 8, el comportamiento de la función logística puede explicarse de la siguiente manera: inicialmente, la demanda crece con base al crecimiento vegetativo de la población más un factor de demanda existente en el peor de los casos, lo cual contemplaría la demanda de energía no presente debido a la falta de prestación de servicio o la interrupción del mismo; luego, se da un crecimiento mayor explicado por el aprendizaje, puesta en marcha de las alternativas energéticas y el encadenamiento productivo generado por ésta; y finalmente, la saturación del crecimiento de demanda al alcanzar el máximo nivel posible de producción del municipio con la implementación de la alternativa.

**Figura 8.** Función logística para la proyección de demanda energética.



Fuente: UPME (2015)

De acuerdo con la tasa de crecimiento esperada de cada uno de los períodos, se proyectan tres (3) posibles escenarios de demanda para el municipio (alto, medio y bajo), los cuales definen el comportamiento del consumo hasta alcanzar el punto de saturación (por ejemplo, el consumo de subsistencia)

El modelo de estimación de la demanda toma como variables de entrada por municipio:

El punto inicial en la gráfica corresponde al consumo de energía kWh/mes por hogar y se obtiene a partir de la caracterización de la demanda.

El punto de saturación de la demanda (consumo final).

Periodos de la proyección.

## 2.2. Marco legal

La elaboración de este documento se realizó dando conformidad a las siguientes políticas nacionales:

**Ley 143 de 1994 Artículo 11.** Establece la definición del consumo básico de subsistencia como la cantidad de electricidad mínima utilizada por un usuario al mes para suplir sus necesidades básicas relacionadas con el accionamiento de equipos que usan energía eléctrica.

**Ley 0855. Diciembre 18 del 2003.** Por la cual se definen las Zonas No Interconectadas. Esta ley entiende por Zonas No Interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional, SIN. Sin embargo, excluye de esta denominación a aquellas zonas que cuentan con condiciones ambientales, económicas y financieras viables y sostenibles para conectarse al SIN.

**Conpes 3453. Diciembre 11 del 2006.** Esquemas de gestión para la prestación del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas. Por medio del cual se recomienda al Ministerio de Minas y Energía (MME) que, en coordinación con el IPSE y el Departamento Nacional Planeación (DNP), diseñe e implemente un esquema de gestión que permita a gestores calificados la prestación del servicio de energía eléctrica con los suficientes incentivos.

**Conpes 3108, Abril 3 del 2001.** Por el cual se aprueba el Programa de Energización para Zonas No Interconectadas establecido en este documento, y realizar las acciones necesarias para su implementación y operatividad.

**Resolución CREG 355 de 2004 MME.** Consumo de subsistencia para municipios con base en su altura sobre el nivel del mar. Se define como consumo de subsistencia, la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer las

necesidades básicas. Se establece el consumo de subsistencia en 173 kWh-mes para alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar, y en 130 kWh-mes para alturas iguales o superiores a 1000 metros sobre el nivel del mar.

***Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).*** Normas de instalaciones eléctricas. En este reglamento se establecen los requisitos en instalaciones eléctricas que garantizan la protección de la vida contra riesgos de origen eléctrico.

***Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050).*** Normas de instalaciones eléctricas y metodología para proyección de demanda energética. Es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

***Norma CENS.*** Normas de instalaciones eléctricas y metodología para proyección de demanda energética. Es la norma creada por la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P., basándose en la RETIE, con el fin de establecer requerimientos para toda instalación eléctrica del sistema de distribución, transformación y uso final de la energía eléctrica relacionada con CENS.

### 3. Metodología

#### 3.1. Fuentes primarias

##### 3.1.1. Plan de Encuesta del PERS Norte de Santander.

Para el análisis del Plan de Encuesta del PERS Norte de Santander, se realizó un análisis estadístico descriptivo de parámetros de tendencia central como el promedio, la mediana y rango inter-cuartil. Para esto, se tomó en cuenta la función de distribución de la población con el propósito de conocer si los resultados obtenidos eran representativos de la población.

La información se analizó de forma discriminada por tipo de sector y subregión, para cada uno de los municipios encuestados en el PERS. Adicionalmente, la información obtenida para cada pregunta debió superar criterios técnicos de depuración de información, para omitir los errores propios al incluir datos que no representen el comportamiento de la población.

##### 3.1.2. Plan de Medición del PERS Norte de Santander.

**Mediciones.** La metodología para la toma de mediciones fue la siguiente:

Inicialmente se realizó una inspección visual de la acometida, desde el medidor hasta el tablero de distribución del usuario.

Con permiso previo de los habitantes de la vivienda, se desconectó toda la carga y se verificó que el medidor de energía no continuara registrando medición alguna. Seguido de esto, se procedió a verificar la existencia de corrientes de fuga en la línea de fase y neutro, que van desde el medidor hasta el tablero de distribución. Esto se hizo tomando los cables de

fase y neutro dentro de la pinza amperimétrica del datalogger, donde una medición de cero (0) representaría la ausencia de corrientes de fuga.

A continuación, se instaló el datalogger, conectando la salida de la sonda de voltaje en el canal 1 del datalogger y los caimanes de la sonda conectados a las líneas de fase-neutro de la salida del medidor de energía o la entrada del tablero de distribución. Seguidamente, se abrió la pinza amperimétrica de la sonda de corriente para tomar la línea de fase de la instalación residencial y la salida de la pinza se conectó al canal 2 del datalogger.

Se encendió el datalogger y se comprobó la medición de voltaje y corriente. Además, se constató que la configuración de almacenamiento de información cada 4 segundos.

Se verificó que el instrumento no quedara expuesto a la lluvia, ni al alcance de menores.

Después de 48 horas se regresó a la vivienda y se verificó que el instrumento almacenó la información. En caso de que esto no ocurra se verificaba el estado de la instalación del equipo de medición y sus baterías, y se repetía la medición.

Se constata en presencia de los moradores de la vivienda, el normal funcionamiento de los electrodomésticos y lámparas de la vivienda.

***Procesamiento de la información.*** El procedimiento utilizado para el análisis de datos fue el siguiente:

Representación del comportamiento del voltaje y corriente contra tiempo de medición.

Tablas con valores máximos y mínimos de voltaje, número de interrupciones y duración de la interrupción. En estas tablas se consigna: a) Ubicación de la vivienda b) Estado del aislamiento de la instalación (corrientes de fuga) c) Valores de voltaje máximo y mínimo y su duración d) Valores pico de corriente y su duración e) Valores pico de voltaje f) Valor promedio de potencia aparente(VA) consumida g) Posibles anomalías presentes en la medición h) Número y duración de las interrupciones i) Posible deterioro de la acometida y/o del poste de donde proviene la acometida.

### **3.2. Fuentes secundarias**

Se solicitó a Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS S.A. E.S.P.) los datos de consumo eléctrico de la zona rural de Norte de Santander; dicha entidad entregó datos de consumo eléctrico que datan del 2012 al 2016. Posteriormente estos datos fueron clasificados por años, y por sectores (residencial, comercial y otros sectores) para cada año, discriminando la cantidad de usuarios de consumo energético por cada mes para cada municipio.

El análisis que se realizó en este documento fue cantidad de *usuarios, consumo energético total y por usuario*, para las zonas rurales; para esto se utilizó el promedio mensual para cada año; es decir, el dato es el valor típico de la variable para cualquier mes, de un año determinado.

Con los resultados se analizó cada variable mencionada anteriormente (*usuarios, consumo energético total y por usuario*), por subregiones y municipios. En la sección de análisis por subregión se han realizado siete (7) gráficas, un (1) diagrama de sectores o un (1) diagrama

de barras con el resumen de los datos pertenecientes a las subregiones para el año 2016 y seis (6) gráficas de tendencia (una para cada subregión) que muestran las tendencias a través de los años, según la variable analizada para cada municipio. Luego, se realiza una breve descripción de los municipios de cada subregión con mayor valor, según la variable analizada, y se complementa con tablas resumen por subregión organizadas de forma descendente.

Además del análisis anterior por subregión, se encuentran tablas de resumen para cantidad de usuarios, consumo energético y consumo energético por usuario. Estas tablas se encuentran organizadas de forma descendente por municipios, según el valor de la variable analizada. Las tablas de resumen fueron realizadas con la totalidad de la información sin discriminar sectores (residencial, comercial u otros sectores).

Seguido de esto, se encuentra la sección de análisis por municipios donde se realizaron dos (gráficas), una (1) gráfica de barras con el resumen de la variable analizada por municipios y un (1) histograma de frecuencia, que evidencia la cantidad de municipios que entran en un rango de la variable analizada.

### **3.3. Indicadores poblacionales de cobertura eléctrica**

#### **3.3.1. Recopilación de información sobre usuarios.**

Para la etapa de la recopilación de la información se envió comunicación al operador de red de la región, que para Norte de Santander es Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS); en ésta se solicitó información acerca de la cobertura de sus redes eléctricas.

Además, se evaluaron y acogieron otras fuentes de información que permitieron complementar las necesidades del servicio de energía eléctrica a nivel municipal; considerando los diferentes proyectos en ejecución y los resultados del Censo Agrario desarrollado en el año 2015. Por lo cual, se obtuvieron las siguientes fuentes:

**ASOMUNICIPOS:** La Asociación de Municipios de la provincia de Ocaña ha liderado la formulación de proyectos de electrificación rural y cuenta con información detallada de los municipios asociados.

**ALCALDÍAS:** Dentro de los planes de desarrollo de algunos municipios se tienen identificadas las necesidades del servicio.

**DANE:** Los resultados del Censo Agrario del 2015 identificaron a nivel municipal las Viviendas Sin Servicio (VSS), ubicadas de forma dispersa en las zonas rurales de los municipios.

**IPSE-DISPAC:** El IPSE adelantó dentro de sus actuales planes la identificación de necesidades en algunos municipios de la zona del Catatumbo Sur. El proyecto nombrado: “Estructuración de soluciones energéticas sostenibles para cierre de brechas en las zonas no interconectadas de Colombia para familias del Grupo Catatumbo Sur compuesto por los municipios de Ábrego, Cáchira, La Esperanza, La Playa, Ocaña, Sardinata y Villacaro, del departamento de Norte de Santander”, priorizó las soluciones convencionales y no convencionales, mediante Sistemas Solares Fotovoltaicos (SSFV), para diez (10) municipios objeto del estudio. En la Tabla 4, se presentan las soluciones identificadas.

**Tabla 4.** Soluciones identificadas por IPSE-DISPAC

Municipios	No. Veredas	Soluciones identificadas		
		Red eléctrica	SSFV	Total
Ábrego	86	1193	23	1216
Convención	70	723	13	736
El Carmen	63	546	79	625
El Tarra	45	704	41	745
Hacarí	18	111	0	111
La Esperanza	10	115	0	115
Ocaña	23	210	0	210
Sardinata	106	2164	27	2191
Teorama	9	293	6	299
Tibú	73	2120	20 8	2328
<b>Total</b>	<b>503</b>	<b>8179</b>	<b>397</b>	<b>8576</b>

Fuente: PERS-Norte de Santander-ICEE

**CENS:** El operador de red suministró la información de suscriptores a la fecha de corte.

Esta información es la base de datos comercial más completa de la región.

**Censo PERS-Norte de Santander:** La Universidad Francisco de Paula Santander, entidad encargada de elaborar el PERS para Norte de Santander, contrató un censo que permitiera verificar y confirmar las necesidades reales del servicio en algunos municipios. Los resultados de este censo se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Necesidades identificadas por el censo PERS-Norte de Santander 2017

Municipio	Necesidades identificadas
Arboledas	266
Cucutilla	190
Lourdes	50
Pamplona	86
Pamplonita	62

<b>Municipio</b>	<b>Necesidades identificadas</b>
<b>Salazar</b>	76

Fuente: PERS-Norte de Santander-ICEE

Adicionalmente, se descargó información de la página del Sistema de Información Eléctrico Colombiano (SIEL) (UPME, 2016), acerca de los usuarios de energía eléctrica del departamento; esta fue clasificada por el tipo de usuario (Residencial, Comercial, Industrial) y su ubicación (Zona rural y Cabecera Municipal). Sin embargo, esta información presentaba inconsistencias con las reportadas por el operador de red, por lo cual se descartó.

### **3.3.2. Criterios de selección y clasificación de información.**

Las fuentes de información consultadas arrojaron resultados divergentes en diferentes casos; por lo tanto, para su evaluación, se identificó para cada municipio aquella fuente que determina el mayor número de necesidades y/o aquella más actualizada, que corresponde a las informadas por el IPSE como resultado del estudio DISPAC. Además, para aquellos municipios en los que se realizó censo por parte del PERS-Norte de Santander se tomaron los resultados de esta fuente para determinar el número de necesidades.

Por otra parte, se reseña que el Gobierno Nacional ha establecido para las zonas rurales donde se ha presentado el conflicto armado, así como en aquellas en las que existen vastas extensiones de cultivos ilícitos, Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial para la paz (PDET), con los cuales se busca desarrollar acciones para la sustitución de cultivos, la construcción de vías terciarias y la formulación de proyectos de desarrollo integral del campo.

Con base en los PDET, se identificaron ocho (8) municipios del Norte de Santander que serán beneficiados con estos planes y en los que será prioritario desarrollar acciones que expandan y/o fortalezcan el servicio de energía eléctrica residencial y para procesos productivos.

### **3.3.3. Determinación del número de viviendas y usuarios.**

Para la determinación del número de viviendas y usuarios por municipio y subregión se analizó la información entregada por la empresa CENS, esta información fue tratada y validada para luego obtener los resultados de ICEE.

### **3.3.4. Cálculo del ICEE en cabecera municipal y zonas dispersas.**

Para la determinación del ICEE en cabecera municipal se recopiló la información secundaria y luego se aplicó la ecuación (1) descrita en la sección 2.2.2. De igual manera se procedió para la determinación del ICEE en las zonas rurales del departamento.

#### **3.3.4.1. *ICEE determinado por el operador de red.***

En cumplimiento de lo establecido por las Resoluciones MME No. 180465 del 27 de marzo de 2012 y No. 90066 del 31 de enero de 2013, los Planes de Expansión de Cobertura del Operador de Red– PECOR, propenden por cubrir las necesidades en el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica - PIEC, elaborado por la UPME.

El PECOR parte de la identificación de los niveles de cobertura del servicio de energía eléctrica en las zonas Urbanas y Rurales de los departamentos del país; y para ello la UPME definió la metodología (sección 2.2.3) para la estimación del ICEE que se establece como la

relación entre el número de usuarios del servicio de energía eléctrica de influencia del Operador de Red – OR, y el número de viviendas del departamento.

Aplicada esta metodología por parte del Operador de Red – OR, en este caso CENS, se obtienen los índices de cobertura para el casco urbano, la zona rural y/o resto y total para cada municipio para finalmente consolidar y obtener el indicador global para el departamento. En la Tabla 6 se resume la cantidad de usuarios con servicio de energía eléctrica (i), sin servicio de energía (iii) y los que no tienen servicio de energía, pero incluidos en planes de cobertura (ii).

**Tabla 6.** Índice de cobertura de energía eléctrica de Norte de Santander, según OR.

Sub-región	Municipio	Viviendas	Cabecera Municipal (CM)			Zonas Dispersas (ZD)			ICEE (%)
			i	ii	iii	i	ii	iii	
Centro	Arboledas	2577	805	0	0	1375	0	397	84,59
	Cucutilla	2568	611	0	0	1682	103	275	89,29
	Gramalote	2123	75	0	715	1333	0	0	66,33
	Lourdes	1122	633	0	0	466	0	23	97,91
	Salazar	2937	1392	0	0	916	29	629	78,58
	Santiago	979	473	0	0	209	0	297	69,66
	Villa Caro	1632	645	0	0	987	0	0	100,0
Norte	Bucarasica	1702	529	0	0	555	79	618	63,69
	El Tarra	3562	1550	0	0	2012	0	0	100,0
	Sardinata	6258	3238	0	0	1194	0	1826	70,82
	Tibú	11988	5516	0	0	6016	0	456	96,20
Occidental	Abrego	9154	4451	0	0	3681	0	1022	88,83
	Cachirá	3256	952	0	0	2024	0	280	91,39
	Convención	5543	2507	0	0	3036	0	0	100,0
	El Carmen	4610	1540	0	0	1818	0	1252	72,84
	Hacarí	2635	260	0	16	2359	0	0	99,39
	La Esperanza	3664	1214	0	0	2282	0	168	95,43
	La Playa	2393	319	0	0	1878	0	196	91,83
	Ocaña	33238	29955	0	0	3283	0	0	100,0
	San Calixto	3407	469	0	0	1923	0	1015	70,22
Teorama	5193	862	0	0	3201	0	1130	78,23	
Oriental	Cúcuta	193510	188099	0	0	2257	0	3154	98,37
	El Zulia	7099	4172	0	0	2927	0	0	100,0
	Los Patios	23865	23024	0	0	782	0	59	99,75
	Puerto Santander	4501	3157	0	0	1344	0	0	100,00
	San Cayetano	2556	1298	0	0	280	0	978	61,74

Sub-región	Municipio	Viviendas	Cabecera Municipal (CM)			Zonas Dispersas (ZD)			ICEE (%)
			i	ii	iii	i	ii	iii	
	Villa del Rosario	26053	24961	0	134	823	0	135	98,97
Sur occidental	Cácota	919	262	0	0	657	0	0	100,0
	Chitagá	3207	1503	0	0	1323	94	381	88,13
	Mutiscua	1439	431	0	0	659	0	349	75,76
	Pamplona	14759	13387	0	0	1216	0	156	98,94
	Pamplonita	1679	506	0	0	1173	0	0	100,00
	Silos	1797	671	0	0	955	0	171	90,48
Sur oriental	Bochalema	2778	1552	0	0	674	0	552	80,13
	Chinácota	5840	4009	0	0	1831	0	0	100,00
	Durania	1577	728	0	0	801	0	48	96,96
	Herrán	1244	262	0	0	396	0	586	52,89
	Labateca	1992	637	0	0	1355	0	0	100,00
	Ragonvalia	1505	658	0	0	847	0	0	100,00
	Toledo	5550	1894	0	0	3042	132	614	88,94
<b>Total</b>		412409	329207	0	864	6557 2	437	<b>16766</b>	<b>95,73%</b>

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte de Santander-2016.

En esta puede observarse que a nivel departamental el ICEE global está en 95,73% con un 99,7% en los cascos urbanos mientras que para el sector rural resulta en 79,22%. Con base en lo anterior, se estima por parte del OR que existen necesidades por atender del orden de las 17.630 viviendas de las cuales 16.766 corresponden al sector rural del departamento.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la ICEE para cada subregión del departamento. En esta se evidencia que la subregión centro cuenta con el menor ICEE en cabecera municipal (86,64%) lo que corresponde a 1621 viviendas sin servicio. Asimismo, en zona dispersa la subregión norte tiene el menor ICEE con 76,65% (2899 viviendas sin servicio). Sin embargo, la subregión con mayor número de viviendas sin servicio en zona dispersa corresponde a la occidental con 5063.

**Tabla 7.** Resumen de ICEE por subregión-CENS

Subregión	Viviendas	Cabecera municipal (CM)	Zonas dispersas (ZD)	ICEE (%)
-----------	-----------	-------------------------	----------------------	----------

		<b>I</b>	<b>ii</b>	<b>iii</b>	<b>i</b>	<b>ii</b>	<b>iii</b>	<b>CM</b>	<b>ZD</b>	<b>Total</b>
Centro	13938	4634	0	715	6968	132	1621	86,64	79,90	83,24
Norte	23509	10833	0	0	9777	79	2899	100,00	76,65	87,67
Occidental	73093	42529	0	16	25485	0	5063	99,96	83,43	93,05
Oriental	257584	244711	0	134	8413	0	4326	99,95	66,04	98,27
Suroccidental	23800	16760	0	0	5983	94	1057	100,0	83,87	95,56
Suroriental	20486	9740	0	0	8946	132	1800	100,0	82,24	91,21
<b>Total</b>	<b>412409</b>	<b>329207</b>	<b>0</b>	<b>864</b>	<b>65572</b>	<b>437</b>	<b>16766</b>	<b>99,74</b>	<b>79,22</b>	<b>95,73</b>

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte de Santander 2016

El problema con la metodología aplicada reside en que para el cálculo del número de viviendas es necesario primero proyectar la población y luego dividir esto por el factor de habitantes por vivienda; resultado que no refleja la realidad de los municipios.

No obstante, es importante señalar que a nivel nacional son las empresas de energía eléctrica las que poseen las mejores bases de datos comerciales; siendo esta la razón que por ejemplo realicen facturación conjunta de otros servicios e inclusive impuestos como el de alumbrado público. Por tanto, y a pesar de las críticas sobre la forma de proyectar viviendas, siempre se considerará que el número mínimo de viviendas de los municipios será idéntico al número de suscriptores del servicio.

De acuerdo con lo anterior, y para fines de cuantificar necesidades del servicio de energía eléctrica para el PERS-Norte de Santander; al número mínimo de viviendas se le adicionaron aquellos datos que de otras fuentes de información se consideraron pertinentes.

### **3.3.4.2. Viviendas sin servicio-otras fuentes de información.**

La Tabla 8 se construyó al aplicar los criterios de selección y clasificación a la información de cobertura energética recolectada de Asomunicipios, alcaldías, DANE, PERS-Norte de Santander e IPSE. De acuerdo con estas fuentes existen alrededor de 16091

necesidades del servicio de energía eléctrica en todas las zonas rurales del departamento (ver Tabla 8 ).

**Tabla 8.** Viviendas sin servicio-Otras fuentes de información.

Municipio	Asomunicipios	Alcaldías	DAN E	IPSE	Censo PERS	Valor consolidado
Ábrego	1801	0	334	1730	0	1730
Arboledas	0	380	105	0	266	266
Bochalema	0	101	8	0	0	101
Bucarasica	0	59	143	0	0	59
Cáchira	152	0	62	246	0	246
Cácota	0	28	8	0	0	28
Chinácota	0	0	36	0	0	36
Chitagá	0	0	61	0	0	61
<b>Convención</b>	<b>596</b>	<b>580</b>	<b>90</b>	<b>743</b>	<b>0</b>	<b>743</b>
Cúcuta	0	0	162	0	190	190
Cucutilla	0	228	178	0	0	228
Durania	0	0	35	0	0	35
<b>El Carmen</b>	<b>406</b>	<b>0</b>	<b>190</b>	<b>768</b>	<b>0</b>	<b>768</b>
<b>El Tarra</b>	<b>664</b>	<b>745</b>	<b>5</b>	<b>747</b>	<b>0</b>	<b>747</b>
El Zulia	0	0	131	0	0	131
Gramalote	0	0	14	0	0	14
<b>Hacarí</b>	<b>457</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>459</b>	<b>0</b>	<b>459</b>
Herrán	0	247	42	0	0	247
La Esperanza	266	0	56	373	0	373
La Playa De Belén	460	313	19	422	0	422
Labateca	0	142	11	0	0	142
Los Patios	0	137	11	0	0	137
Lourdes	0	72	6	0	50	50
Mutiscua	0	0	17	0	0	17
Ocaña	305	311	180	388	0	388
Pamplona	0	0	25	0	86	25
Pamplonita	0	154	18	0	62	154
Puerto Santander	0	0	15	0	0	15
Ragonvalia	0	73	20	0	0	73
Salazar	0	0	46	0	76	46
<b>San Calixto</b>	<b>916</b>	<b>774</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>0</b>	<b>666</b>
San Cayetano	0	121	26	0	0	121
Santiago	0	0	19	0	0	19
Silos	0	0	15	0	0	15
<b>Sardinata</b>	<b>1476</b>	<b>0</b>	<b>821</b>	<b>2246</b>	<b>0</b>	<b>2246</b>
<b>Teorama</b>	<b>775</b>	<b>0</b>	<b>113</b>	<b>791</b>	<b>0</b>	<b>791</b>
<b>Tibú</b>	<b>1142</b>	<b>3105</b>	<b>171</b>	<b>3872</b>	<b>0</b>	<b>3872</b>
Toledo	0	409	164	0	0	409
Villa Caro	59	0	25	79	0	79
Villa Del Rosario	0	0	9	0	0	9
<b>Total</b>	<b>9475</b>	<b>7979</b>	<b>3455</b>	<b>13530</b>	<b>730</b>	<b>16091</b>

Fuente: Asomunicipios: Información FAER 4 etapa, Alcaldías: Reporte a PERS Norte de Santander, DANE: Censo agrario 2015, IPSE: Levantamiento de información contrato DISPAC.

Con base en esta información se logra determinar un total de 16091 familias sin servicio de energía en el sector rural, y en particular 12956 de estas se encuentran ubicadas en ocho municipios donde se formularán los PDET, los cuales están resaltados en verde en la Tabla 8.

Para estimar el ICEE basado en la información proveniente de estas fuentes, fue necesario definir criterios para el tratamiento de esta. Estos criterios se expresan a continuación:

**Vigencia de la información:** Los datos obtenidos por el IPSE, Asomunicipios y el DANE cumplen con la condición de ser actuales, es decir no tener más de 5 años de ser recaudados. Aunque se cuenta con información del Sistema de Selección de Beneficiarios para Programa Sociales (SISBEN) acerca del número de familias afiliadas al régimen subsidiado de salud, con esta no se puede determinar el número de viviendas sin servicio porque esta información no es validada al momento de realizar su inscripción.

**Confiabilidad de la fuente:** Con respecto a este criterio, la información reportada por las alcaldías no puede considerarse con alto grado de confiabilidad debido a que en muchos casos no se obtuvo respuesta de estas. Por lo cual, se determina que las fuentes con mayor grado de confiabilidad son: Asomunicipios, IPSE y DANE.

**Validación y/o cruce de información:** Al evaluar la información entregada por cada fuente y la diferencia entre los datos, se establece como criterio de selección aquella que tenga el mayor número de necesidades identificadas. Este criterio permitirá al PERS-Norte de Santander la posibilidad, dado el caso, de sobreestimar las necesidades en las zonas rurales del departamento.

**Proyectos en curso:** Aquellos proyectos que atiendan necesidades del servicio no serían contemplados considerando que cuentan con probabilidad de ser financiadas o cofinanciadas. Es el caso de las necesidades identificadas por Asomunicipios que se entiende están en proceso de formulación y en primer lugar serían presentadas ante el FAER para obtener la financiación correspondiente; por lo cual, no serían prioridad para el PERS.

**Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial:** Como se señaló anteriormente, los ocho (8) municipios que beneficiarios de los PDET serán prioridad para el PERS-Norte de Santander.

### **3.4. Análisis del consumo básico de subsistencia**

#### **3.4.1. Consumo típico de los usuarios en zonas rurales.**

**Recopilación de información.** Para determinar el consumo típico de los usuarios de cada municipio de Norte de Santander se tomó la información suministrada por la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS), que data del año 2012 al 2016, dicha información se encuentra de forma mensual con datos de consumo de los usuarios rurales de Norte de Santander.

**Clasificación de la información.** Para la clasificación de la información se tuvo en cuenta los estratos socioeconómicos y los sectores a los cuales pertenecían los consumos, se recopiló toda la información de los años 2012 al 2016 mensuales para un sector predeterminado (sector residencial, comercial u otros sectores), luego se realizaron graficas de distribución de

frecuencia, donde el eje de las ordenadas ( eje Y o vertical) representa la frecuencia con la cual se repiten los números dentro de un intervalo determinado (cantidad de usuarios con un consumo) y en el eje de las abscisas ( eje X u horizontal) es el intervalo de números evaluados (consumo); todo lo anterior se realizó para cada municipio para cada estrato.

**Análisis de datos.** Se tuvieron que limitar los datos representados en la graficas debido a consumos atípicos y datos irrelevantes para el análisis, se eliminó el consumo con valor de 0 kWh debido a que estos consumos representan usuarios sin consumo y lo que se desea analizar es el consumo típico por usuario, además, se limitaron al máximo de 1000 kWh debido a que los datos visualizados por arriba de este límite son despreciables.

### **3.4.2. Consumo Básico de Subsistencia.**

**Recopilación de información.** Se tomó la base de datos entregada por el Grupo de investigaciones GIDIS, el cual se encargó de la recolección de los datos de las 2.228 encuestas aplicadas en los municipios de Norte de Santander teniendo la excepción de los municipios de San Calixto y Teorama. Los datos fueron entregados en un documento \*.xlsx donde se encuentra por columnas las preguntas y en las filas sus respectivas respuestas; de este documento se extrajo la información de la cantidad de luminarias y electrodomésticos además de los tiempos de uso de estos, que posee cada usuario encuestado.

**Selección de la información primaria.** De la sábana de datos suministrada por el Grupo de Investigaciones GIDIS, se seleccionó la información relevante, la cual corresponde a la cantidad, consumo y tiempo de uso de los electrodomésticos en el hogar de cada usuario. Lo anterior fue realizado con la herramienta estadística computacional R Studio de licencia libre.

***Tratamiento de la información primaria.*** Se evaluó la cantidad de electrodomésticos que tienen los usuarios encuestados; teniendo en cuenta la frecuencia en la que este se encuentra en toda la población, si el electrodoméstico se encuentra en más del 50% de la población encuestada, este empieza a ser un electrodoméstico que cubre una necesidad básica en dicha población y por lo tanto se tiene en cuenta para el cálculo del consumo básico de subsistencia.

Seguido de esto se evalúa el consumo de cada uno y su frecuencia de uso, para obtener el consumo por mes de dicho electrodoméstico; luego se promedian todos los consumos mensuales del electrodoméstico evaluado para todos los usuarios que lo poseen; agrupando los electrodomésticos en dos subgrupos, uno para alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar y otro para alturas iguales o superiores a 1000 metros sobre el nivel del mar. Lo anterior se hace teniendo en cuenta la altura de cada municipio, esto tomando como referencia lo estudiado por la UPME en la resolución 0355 de 2004 y todos los estudios anteriormente realizados donde se llegó a la conclusión que el consumo de subsistencia es distinto a diferentes alturas sobre el nivel del mar debido a la temperatura de la zona.

Posteriormente cuando ya se han analizado todos los electrodomésticos y luminarias de la forma explicada anteriormente, se hace una sumatoria de los consumos de los electrodomésticos evaluados obteniendo así el consumo básico de los usuarios. Después se hacen cambios de los consumos de los electrodomésticos los cuales tengan opciones energéticas más eficientes, como por ejemplo de bombillos incandescentes a luminarias LFC; al volver a sumar los consumos de los electrodomésticos con sus valores optimizados, se obtendrá el consumo básico de subsistencia para los dos rangos de altura mencionados anteriormente.

**Análisis de resultados.** Los cálculos del consumo básico de subsistencia fueron realizados para cada tipo de encuesta (Residencial, comercial y otros sectores), para lo cual se obtuvieron los resultados que se presentan en la siguiente sección mediante graficas de barras comparando el consumo básico de subsistencia por municipio y subregión.

Para cada tipo de encuesta se encontrarán dos figuras; en la primera figura se presentan los resultados obtenidos de sumar los consumos mensuales de los electrodomésticos que superaban el 50% de uso entre todos los usuarios de su tipo ya sea residencial, comercial u otros sectores; en su eje horizontal se encuentran los municipios con una sigla al final que representa la subregión a la que pertenecen, además de esto los municipios fueron ordenados de manera ascendente según su consumo, esto con el objetivo de contrastar los consumos básicos de subsistencia entre los municipios de cada subregión y de todo el departamento en general.

Las siglas son: “C” para la subregión centro, “N” para la subregión norte, “OC” para la subregión occidente, “OR” para la subregión oriente, “SOC” para la subregión suroccidental y “SOR” para la subregión suroriental. En la segunda figura se encuentra la comparación entre el consumo promedio de cada subregión fragmentado en dos secciones, el promedio del consumo básico de subsistencia de los municipios que tienen una altitud menor a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y los que poseen una altitud igual o mayor a 1000 msnm, se debe tener presente que subregión oriental está comprendida solo de municipios con alturas inferiores a 1000 msnm y la subregión sur occidental de municipios con altitud mayor o igual a 1000 msnm. El segundo gráfico se hace para tener un punto de comparación con el consumo básico de subsistencia de la vigente resolución 0355 de la UPME emitida en el 2004

que es de 173 kWh/mes para alturas inferiores a 1000 msnm y 130 kWh/mes para altitudes iguales o superiores a 1000 msnm.

### **3.5. Metodología para la proyección de demanda de la UPME**

A continuación, se describen los pasos para proyectar la demanda.

**Consumo inicial.** Para dar cumplimiento al requerimiento del consumo inicial, la UPME sugiere tomar la información primaria recolectada a través de las encuestas. El dato fue dado en kWh-mes. Este dato se tomó del consumo energético mensual que informaron los encuestados. Para los casos de los municipios que no fueron encuestados se tomó un promedio de la información de consumo, suministrada por CENS.

Para esto, se hizo solicitud de los datos obtenidos en las encuestas aplicadas en los municipios de Norte de Santander por parte del equipo PERS.

Se recopiló, organizó y procesó la información de las encuestas, con el propósito de obtener el promedio de consumo energético mensual por usuario para cada municipio.

**Consumo final.** El consumo esperado o final se debe tomar la información de las fuentes secundarias de información, para esto la UPME da a escoger tres posibilidades:

Caracterización de consumo según los electrodomésticos utilizados en el hogar. Este sería el máximo consumo posible por los electrodomésticos de los usuarios de un municipio, extraído de la información de las encuestas.

Consumo de subsistencia según la Resolución 0355 de 2004 del Ministerio de Minas y Energía, donde se estipula el consumo según los metros sobre el nivel del mar de cada municipio. Para una altura inferior a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) el consumo básico de subsistencia es de 173 kWh-mes y para alturas superiores o iguales a 1000 msnm el consumo de subsistencia es de 130 kWh-mes.

Consumo mínimo según el estudio realizado por CORPOEMA para la UPME en el año 2012, donde se estipula que en alturas inferiores a 1000 msnm el consumo mínimo es de 184,58 kWh-mes, para alturas entre 1000 msnm y 2000 msnm el consumo es de 136,24 kWh-mes y por último para alturas iguales o superiores a 2000 msnm el consumo es de 160,48 kWh-mes.

Para hallar el consumo esperado o final se propone realizar una estimación con base en la tabla 32 del capítulo 2 de la norma CENS, donde se estipula la demanda diversificada para el sector rural.

***Tiempo de proyección.*** Según lo acordado en el Plan de Energización Rural sostenible PERS, los años a los que se debe proyectar la demanda energética es de 15 años a futuro.

***Usuarios.*** La cantidad de usuarios se toma de la información recopilada y analizada por el equipo técnico de PERS Norte de Santander y los datos entregados al GIDMA por parte de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P (CENS S.A. E.S.P).

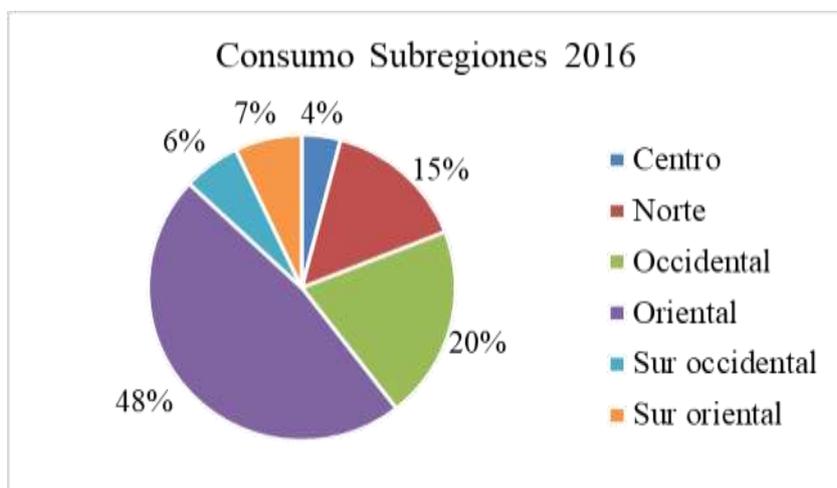
#### 4. Caracterización de la demanda energética: Fuentes secundarias

##### 4.1. Caracterización del consumo de energía eléctrica en zonas rurales

###### 4.1.1. Consumo de energía eléctrica en zonas rurales.

**Análisis por subregión.** Para realizar el análisis de la demanda energética rural se utilizó el promedio mensual para cada año; es decir, el dato es el valor típico de consumo para un mes, de un año determinado; esto se realizó con base en la información suministrada por Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS). Los datos se trabajaron en megavatio-hora por mes (MW·h/mes), debido a que los valores de consumo son muy altos y de esta forma se obtiene una mejor visualización de los datos.

**Figura 9.** Consumo total subregiones 2016.

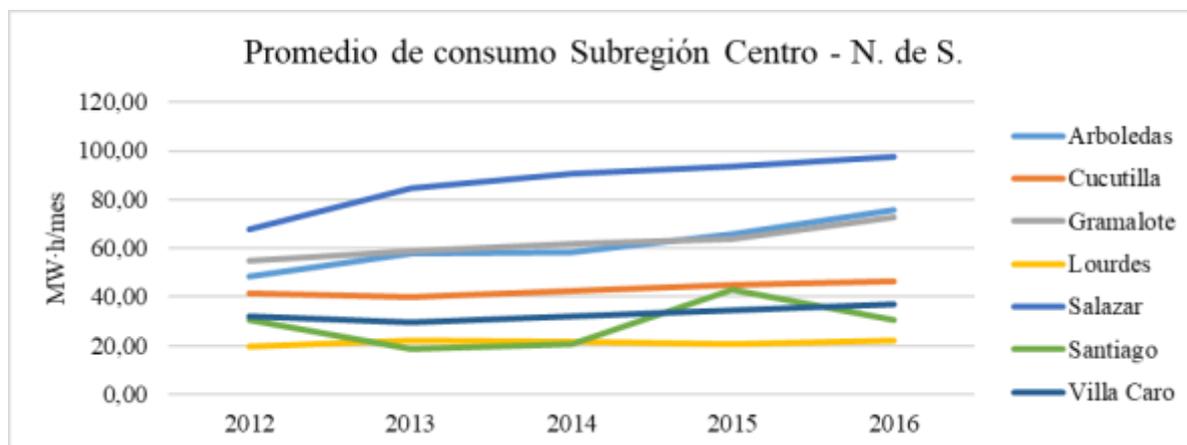


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 9 se observa que la subregión Oriental posee casi la mitad del consumo total (48%) de Norte de Santander; además se aprecia que hay tres (3) subregiones (Sur oriental,

Sur occidental y Centro) con un consumo muy bajo, en contraste con el consumo de las demás subregiones.

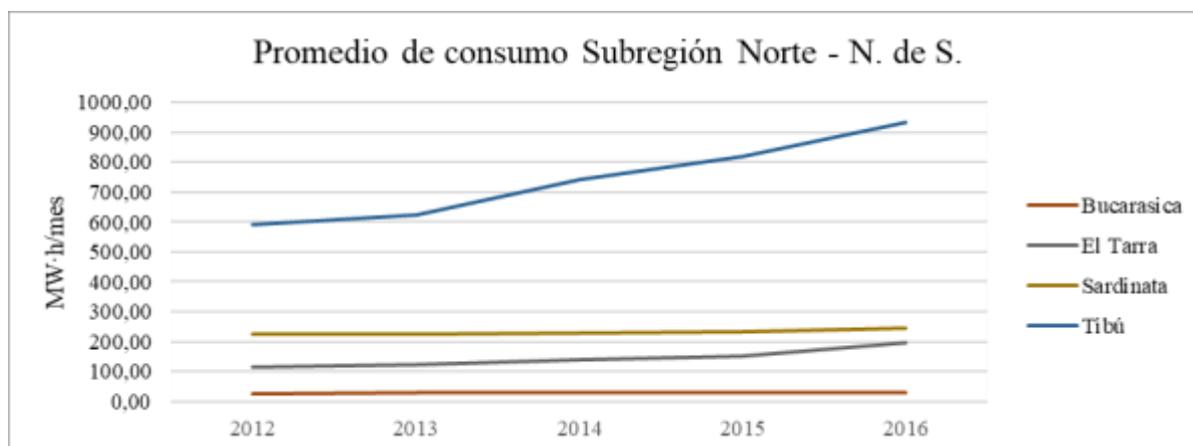
**Figura 10.** Promedio de consumo Subregión Centro – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 10 se evidencia que en la subregión Centro los municipios de Salazar, Arboledas y Gramalote, poseen el mayor consumo de esta subregión. Además, de que estos tres municipios presentan una tendencia incremental con la cual sobresale Salazar; los consumos del municipio de Arboledas y Gramalote son muy similares. En esta subregión, el municipio que presenta el menor consumo es Lourdes.

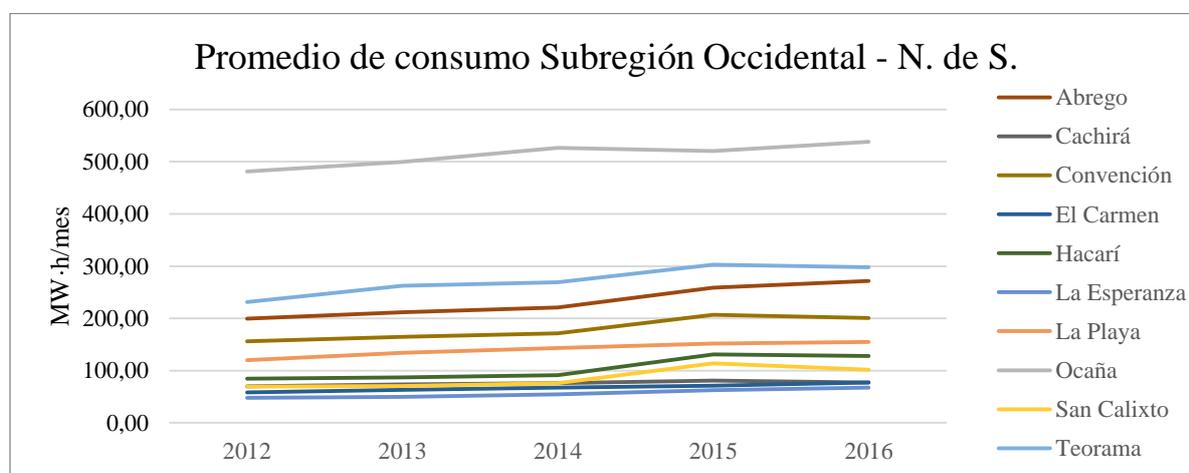
**Figura 11.** Promedio de consumo Subregión Norte – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión Norte (Figura 11), el municipio de Tibú se aprecia un mayor consumo y con una tendencia incremental que destaca entre los otros tres municipios. Aunque el municipio de El Tarra presenta una tendencia incremental, esta es más leve que la de Tibú. Bucarasica es el municipio que posee menor consumo de esta subregión.

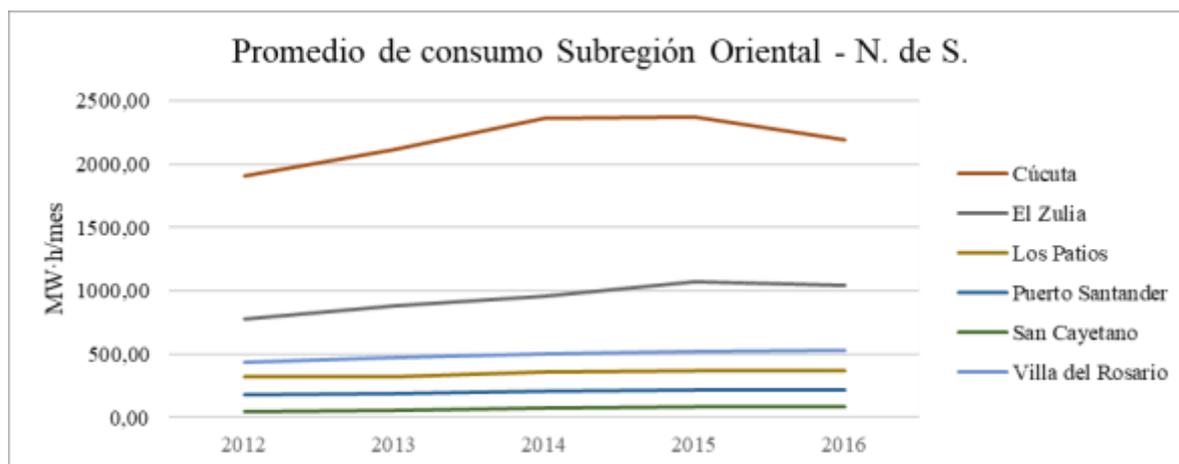
**Figura 12.** Promedio de consumo Subregión Occidental – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para la subregión Occidental (Figura 12), el municipio de Ocaña posee el mayor consumo, seguido de los municipios de Teorama y Abrego. Todos los municipios de esta subregión poseen una tendencia incremental, que no son muy apreciables en los municipios de CÁCHIRA, El Carmen y La Esperanza, además coinciden en ser los municipios de menor consumo.

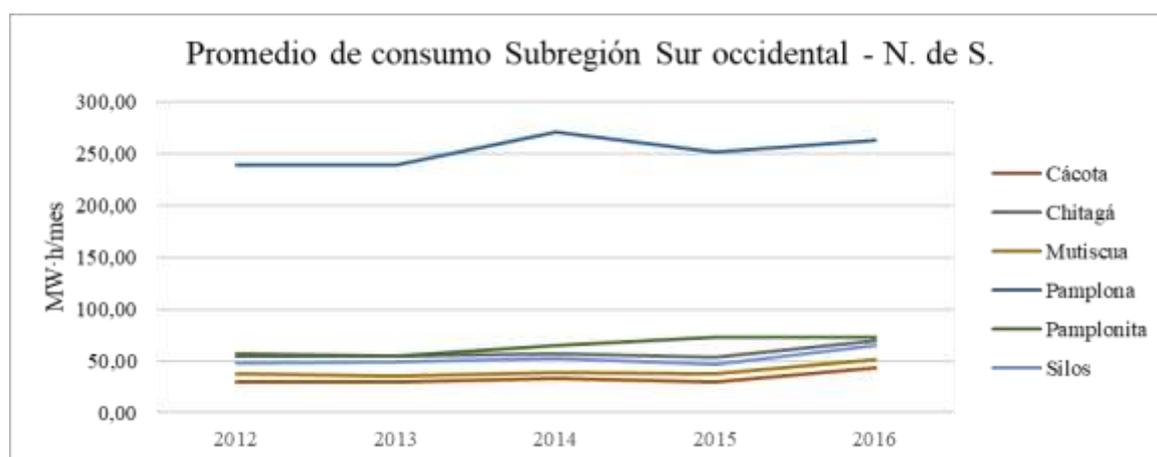
**Figura 13.** Promedio de consumo Subregión Oriental – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la subregión Oriental (Figura 13), se obtiene que el municipio de Cúcuta y el Zulia son los municipios que tienen mayor consumo; el municipio de Cúcuta poseía una tendencia incremental hasta el año 2015, en contraste al 2016 tuvo un decrecimiento, el mismo comportamiento lo tiene el Zulia, aunque sus incrementos y decrementos son más leves. El municipio de San Cayetano es el que posee un consumo inferior en la subregión.

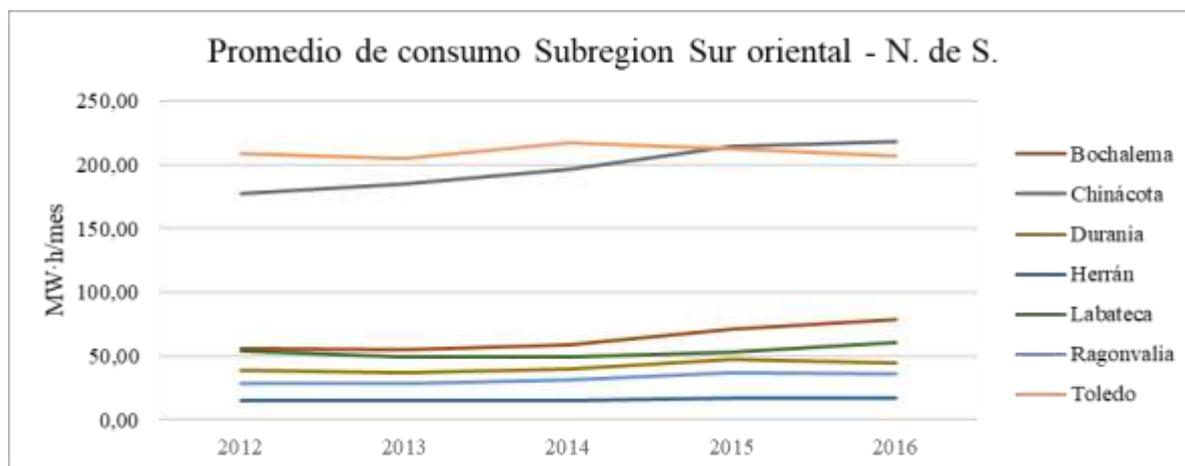
**Figura 14.** Promedio de consumo Subregión Sur Occidental – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión Sur Occidental (Figura 14), se observa que el municipio de Pamplona es el que posee mayor consumo, muy por encima de los demás municipios de esta subregión. A pesar de que Pamplona posee tendencias con altibajos, en el último año presentó un crecimiento en su consumo. Los demás municipios presentan una tendencia incremental leve, donde Cécota es el municipio con menor consumo.

**Figura 15.** Promedio de consumo Subregión Sur Oriental – N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Por último, en la subregión Sur Oriental (Figura 15), se observa que el municipio de Chinácota y Toledo tienen el mayor consumo de dicha subregión, destacando una tendencia incremental de Chinácota a través de los años y un decrecimiento en Toledo en los años 2015 y 2016. El municipio de Herrán es el que posee menor consumo y su crecimiento no es notable.

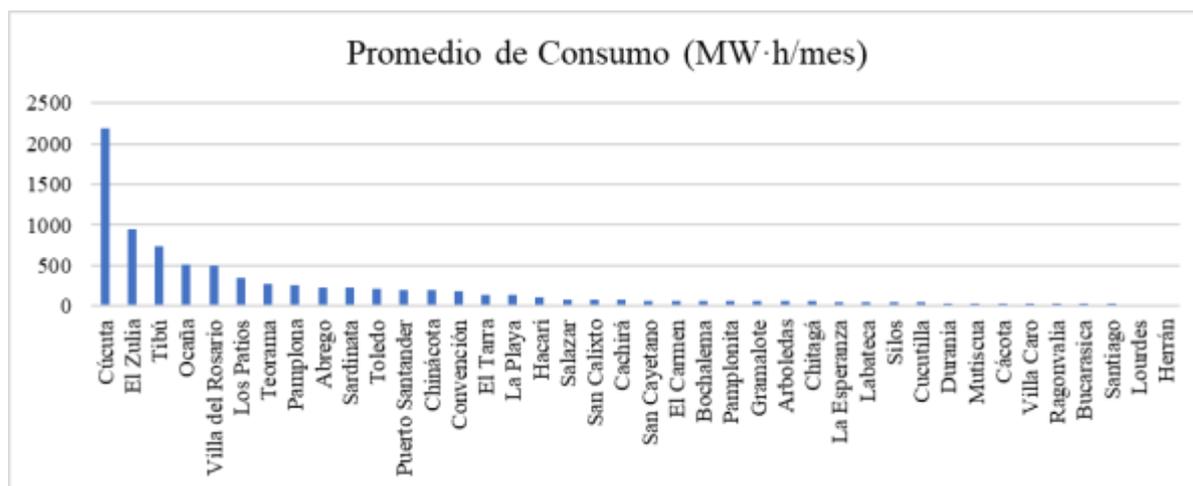
Para un mejor análisis del consumo energético por subregión, en la Tabla 9 se muestran los promedios de consumo energético de forma descendente para cada subregión.

**Tabla 9.** Consumo promedio en subregiones Centro, Norte y Occidental

Subregión	Municipio	Promedio (MW·h/mes)	Max	Min	
Occidental	Ocaña	513,25	538,19	481,47	
	Teorama	272,60	302,97	231,02	
	Abrego	232,44	271,64	199,37	
	Convención	179,91	206,60	156,28	
	La Playa	140,79	154,65	120,35	
	Hacarí	104,33	131,00	84,39	
	San Calixto	86,36	114,19	69,07	
	Cachirá	75,55	81,14	70,06	
	El Carmen	67,63	77,24	58,34	
	La Esperanza	56,33	67,58	47,70	
Oriental	Cúcuta	2192,41	2376,48	1912,35	
	El Zulia	948,62	1074,05	776,21	
	Villa del Rosario	491,69	529,44	440,51	
	Los Patios	349,11	370,09	325,06	
	Puerto Santander	202,26	222,17	175,30	
	San Cayetano	70,96	85,72	51,27	
	Pamplona	252,92	271,34	238,75	
	Pamplonita	63,89	72,82	54,07	
	Sur occidental	Chitagá	58,39	69,56	53,60
		Silos	52,10	65,29	46,07
Mutiscua		39,93	50,85	35,35	
Cácota		33,08	43,60	29,21	
Toledo		210,17	217,79	204,93	
Sur oriental	Chinácota	198,67	218,45	177,91	
	Bochalema	63,93	79,00	54,78	
	Labateca	53,22	60,82	48,98	
	Durania	41,49	47,71	37,16	
	Ragonvalia	32,37	37,34	28,35	
	Herrán	15,84	16,76	14,91	

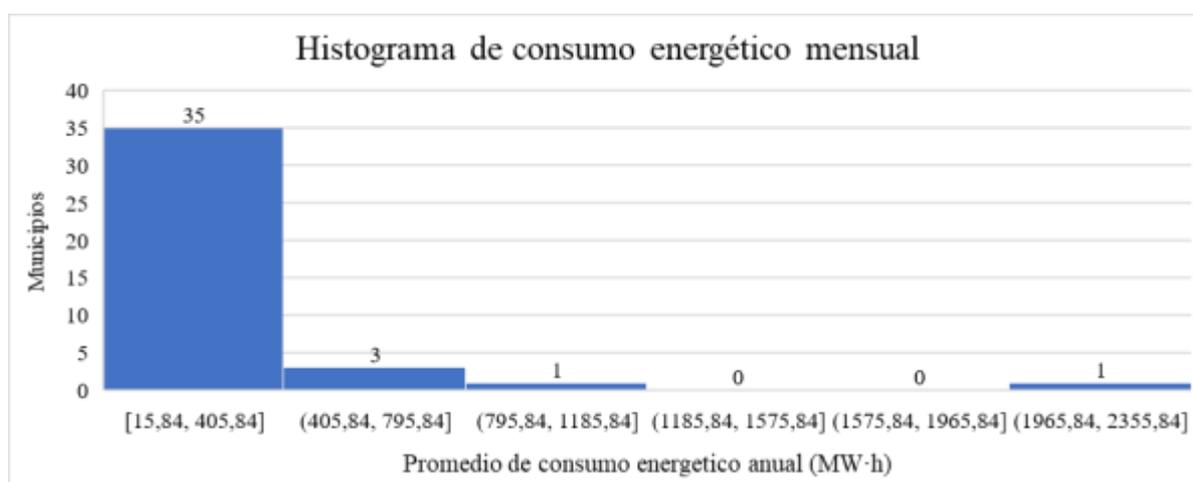
**Análisis por municipio.** Analizando la Figura 16 y la Figura 17 se deduce que el municipio de Cúcuta posee el mayor consumo de energía eléctrica seguido de El Zulia, Tibú, Ocaña y Villa del Rosario. Los otros treinta y cinco (35) municipios (el 87,5%) se encuentran en un rango muy bajo de consumo eléctrico; teniendo como los municipios con menor consumo a: Herrán, Lourdes, Santiago, Bucarasica y Ragonvalia.

**Figura 16.** Resumen de consumos energéticos por municipios en MW·h



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Figura 17.** Histograma de consumo energético mensual.



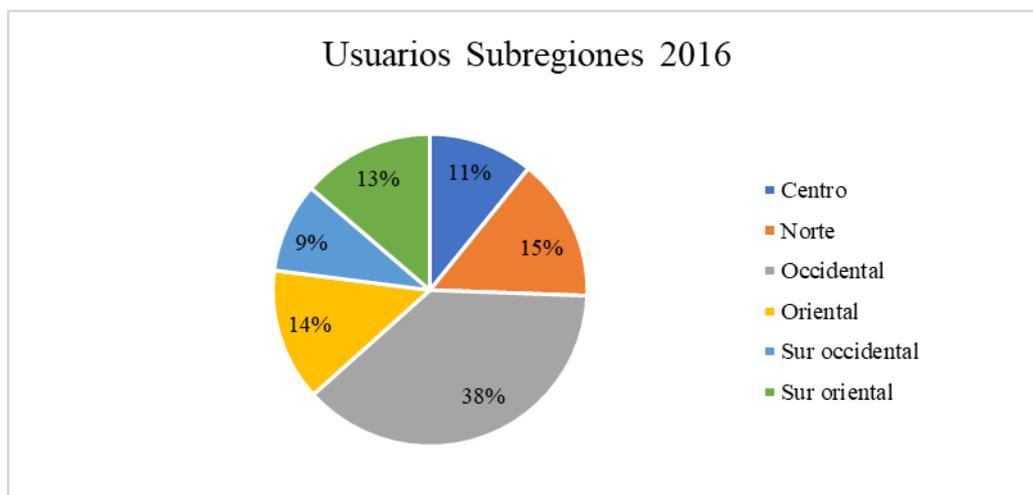
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

#### 4.1.2. Usuarios de energía eléctrica en zonas rurales.

**Análisis por subregión.** A continuación, se presenta el análisis de los usuarios con energía eléctrica en zonas rurales de Norte de Santander, con base en datos suministrados por Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS). Dichos datos se representaron en siete (7) graficas; un (1) diagrama de sectores con el resumen de los datos pertenecientes a las subregiones para el año 2016 y seis (6) gráficas de tendencia, una por cada subregión de

Norte de Santander, donde se muestra la tendencia a través de los años (2012 a 2016) de los usuarios de cada municipio.

**Figura 18.** Usuarios en subregiones 2016.

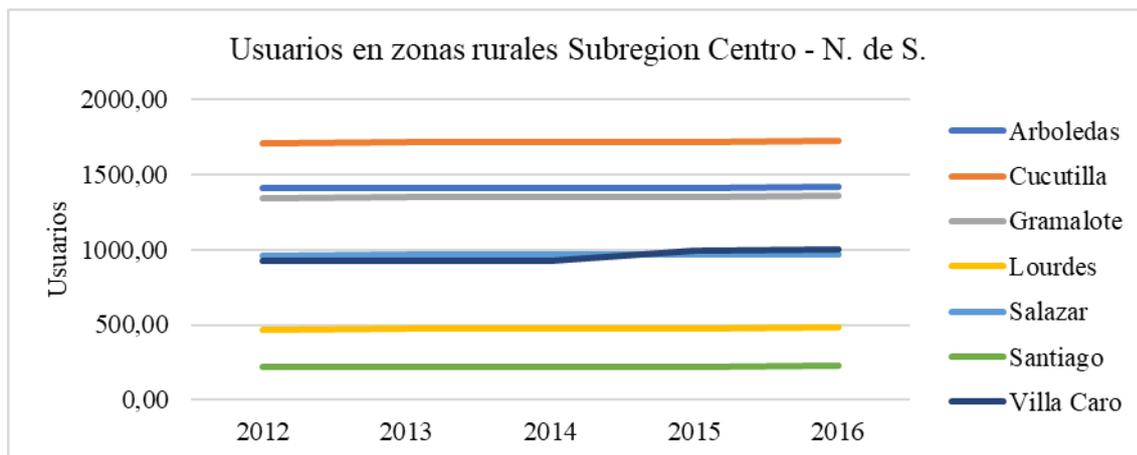


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 18 se observa que la subregión Occidental posee el 38% de la cantidad de usuarios total de norte de Santander. También se aprecia, que a pesar de que la subregión Sur occidental es la que posee menos usuarios, esta no dista mucho de las otras cuatro (4) subregiones (Norte, Oriental, Sur oriental y Centro).

Las siguientes figuras (de la Figura 19 a la Figura 24), muestran la información de la cantidad de usuarios y su crecimiento a través de los años 2012 al 2016.

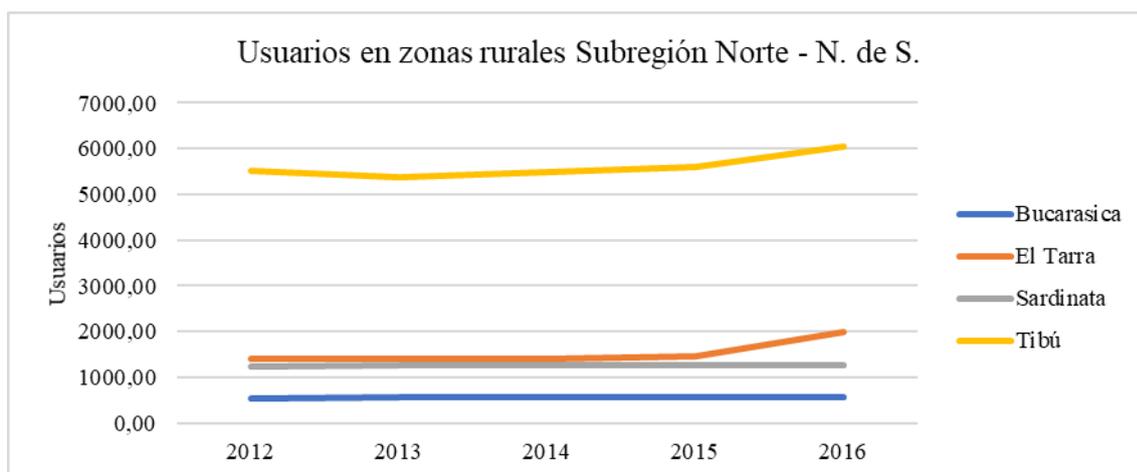
**Figura 19.** Usuarios Subregión Centro - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para la subregión Centro (Figura 19), el municipio de Cucutilla es el que presenta una mayor cantidad de usuarios rurales, a este le siguen los municipios de Arboledas y Gramalote. Además, se puede observar que Villa Caro es el único municipio de esta subregión que presenta una tendencia incremental en su número de usuarios. En esta subregión, el municipio de Santiago es el que menos cantidad de usuarios presenta.

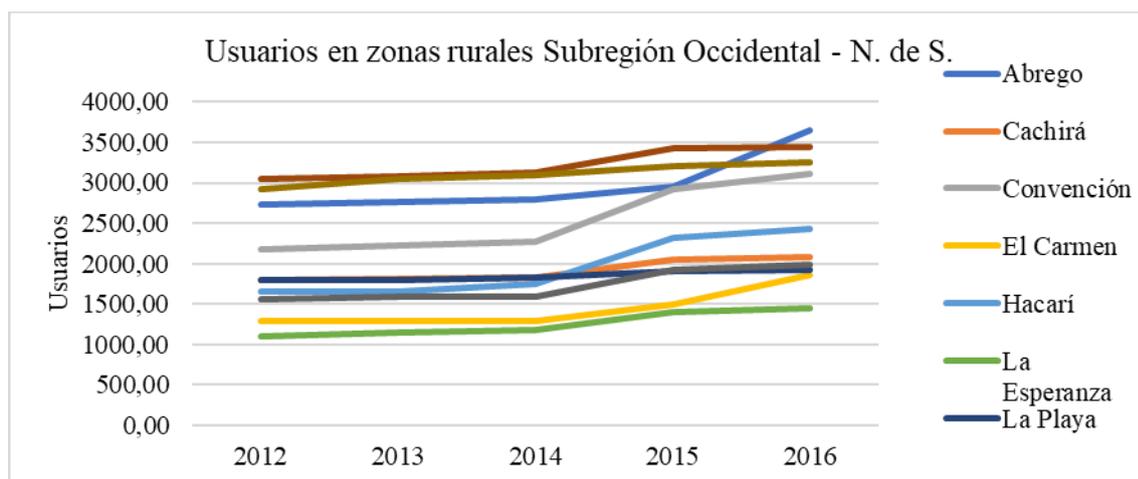
**Figura 20.** Usuarios Subregión Norte - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión Norte (Figura 20), Tibú tiene la mayor cantidad de usuarios en esta subregión y presenta una tendencia incremental; el municipio de El Tarra a pesar de contar con menor cantidad de usuarios, con relación a Tibú, se observa que tiende a incrementar.

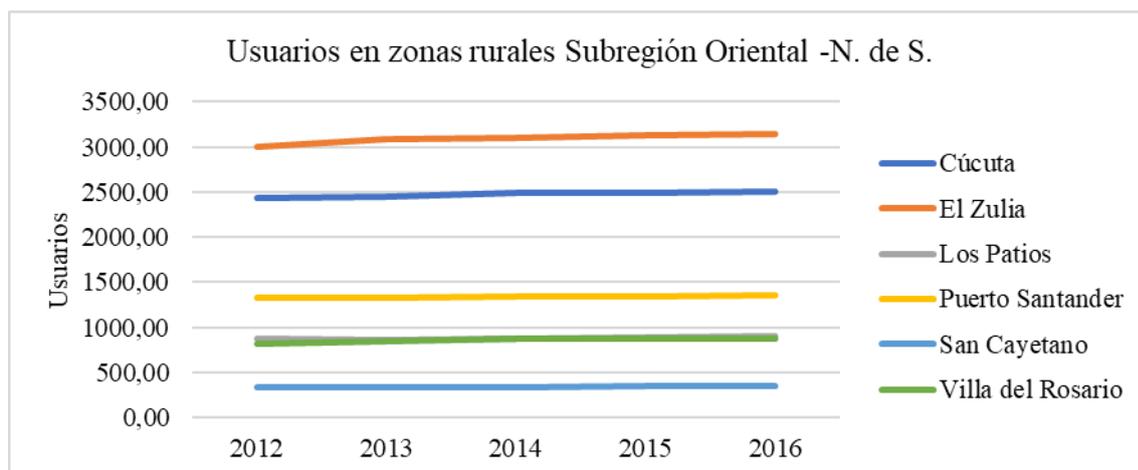
**Figura 21.** Usuarios Subregión Occidental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la subregión occidental (Figura 21), se observa que todos los municipios presentan una tendencia incremental en su número de usuarios, destacando entre estos el municipio de Abrego y Convención. Los municipios Ocaña, Teorama, Abrego y Convención son los que poseen mayor cantidad de usuarios rurales, mientras que La Esperanza posee la menor cantidad de usuarios.

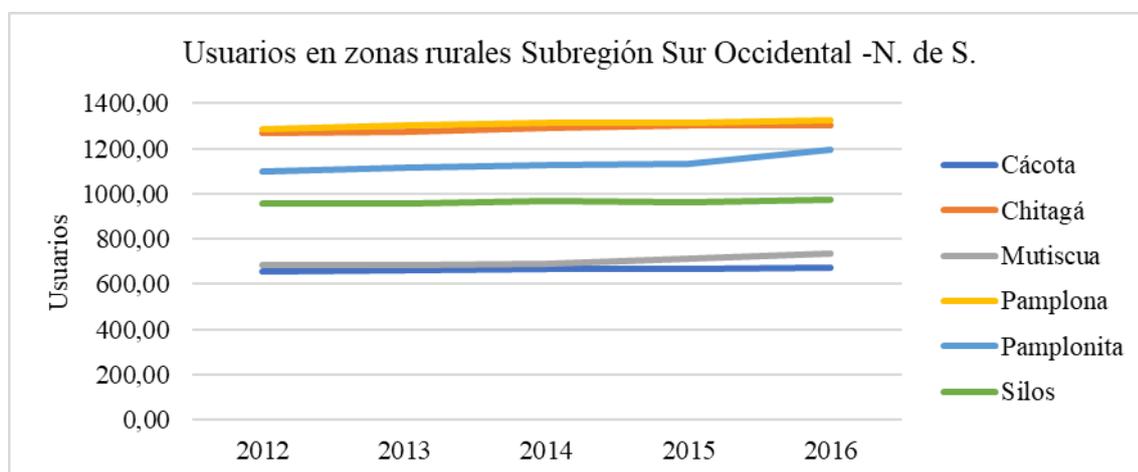
**Figura 22.** Usuarios Subregión Oriental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para la subregión oriental (Figura 22), se observa que los municipios de Cúcuta y el Zulia presentan un leve crecimiento, además de ser los que tienen la mayor cantidad de usuarios rurales de esta subregión. En esta subregión, San Cayetano es el que posee menos usuarios.

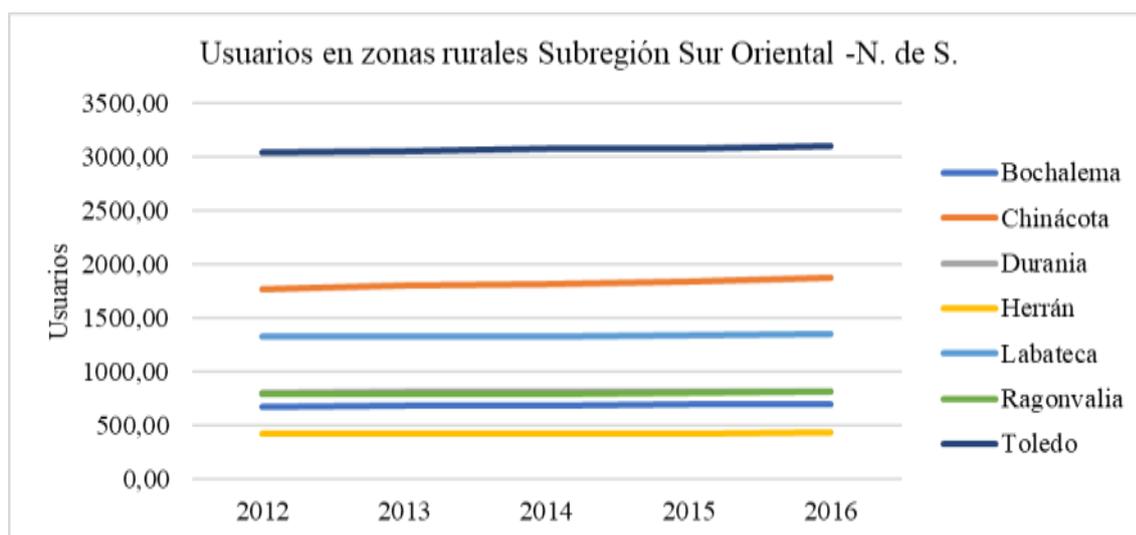
**Figura 23.** Usuarios Subregión Sur Occidental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión suroccidental (Figura 23), se puede inferir que todos los municipios tienen un leve crecimiento, este se ve más marcado en el municipio de Cécota en los años 2015 a 2016. Además, se observa que Pamplona y Chitagá son los municipios con más cantidad de usuarios rurales, contrario a Cacota y Mutiscua.

**Figura 24.** Usuarios Subregión Sur Oriental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la subregión suroriental (Figura 24), se observa que el municipio con mayor cantidad de usuarios es Toledo seguido de Chinácota. En esta subregión, Herrán posee la menor cantidad de usuarios.

A continuación, se presentan en la Tabla 10 y la Tabla 11, la cantidad promedio de usuarios rurales en cada municipio, ordenados en forma descendente para cada subregión.

Tabla 10. Usuarios subregiones Centro, Norte y Occidental – N. de S.

Subregión	Municipio	Promedio	Max	Min
-----------	-----------	----------	-----	-----

Subregión	Municipio	Promedio	Max	Min
Centro	Cucutilla	1717,67	1723,08	1710,83
	Arboledas	1415,18	1418,08	1413,58
	Gramalote	1352,18	1359,00	1340,08
	Salazar	968,38	972,33	964,25
	Villa Caro	953,90	1007,00	922,83
	Lourdes	476,27	485,75	469,00
	Santiago	220,33	225,75	215,67
Norte	Tibú	5604,58	6051,50	5385,42
	El Tarra	1532,58	1978,00	1406,33
	Sardinata	1261,53	1272,67	1229,17
	Bucarasica	571,58	575,92	562,33
Occidental	Ocaña	3228,05	3452,00	3044,75
	Teorama	3101,63	3250,42	2915,08
	Ábrego	2978,20	3658,00	2734,75
	Convención	2542,48	3110,67	2176,75
	Hacarí	1961,92	2429,50	1649,42
	Cáchira	1915,05	2087,75	1795,42
	La Playa	1851,85	1921,83	1796,00
	San Calixto	1733,13	1984,33	1563,67
	El Carmen	1444,27	1858,92	1287,25
La Esperanza	1254,82	1443,58	1108,33	

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte de Santander

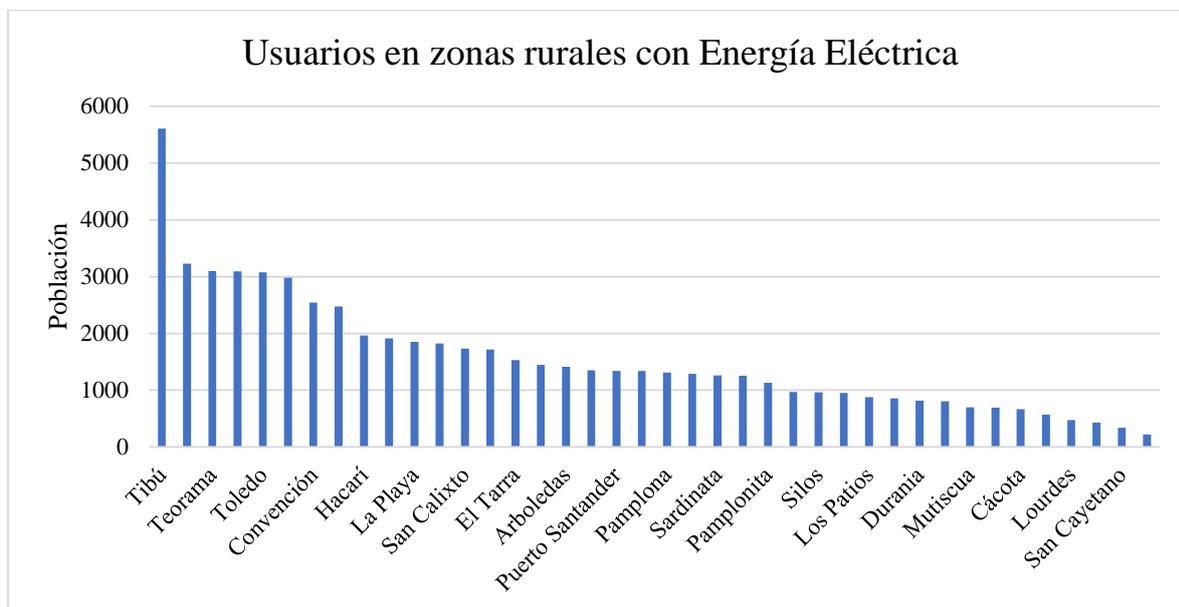
**Tabla 11.** Usuarios subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental – N. de S.

Subregión	Municipio	Promedio	Max	Min
Oriental	El Zulia	3092,43	3143,58	3004,92
	Cúcuta	2473,18	2504,83	2428,50
	Puerto Santander	1341,40	1359,58	1330,92
	Los Patios	879,67	905,33	855,67
	Villa del Rosario	855,92	875,00	812,17
	San Cayetano	340,87	355,25	328,00
Sur occidental	Pamplona	1309,00	1324,42	1288,17
	Chitagá	1287,70	1305,50	1267,08
	Pamplonita	1134,20	1196,17	1097,75
	Silos	964,37	975,50	956,92
	Mutiscua	700,38	734,67	682,83
Sur oriental	Cácota	665,85	672,08	658,42
	Toledo	3078,38	3104,83	3051,92
	Chinácota	1824,97	1880,75	1769,42
	Labateca	1339,08	1358,42	1330,83
	Durania	815,52	817,50	812,58
	Ragonvalia	804,22	823,17	794,75
	Bochalema	691,52	705,08	676,67
Herrán	429,98	434,33	426,00	

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte de Santander

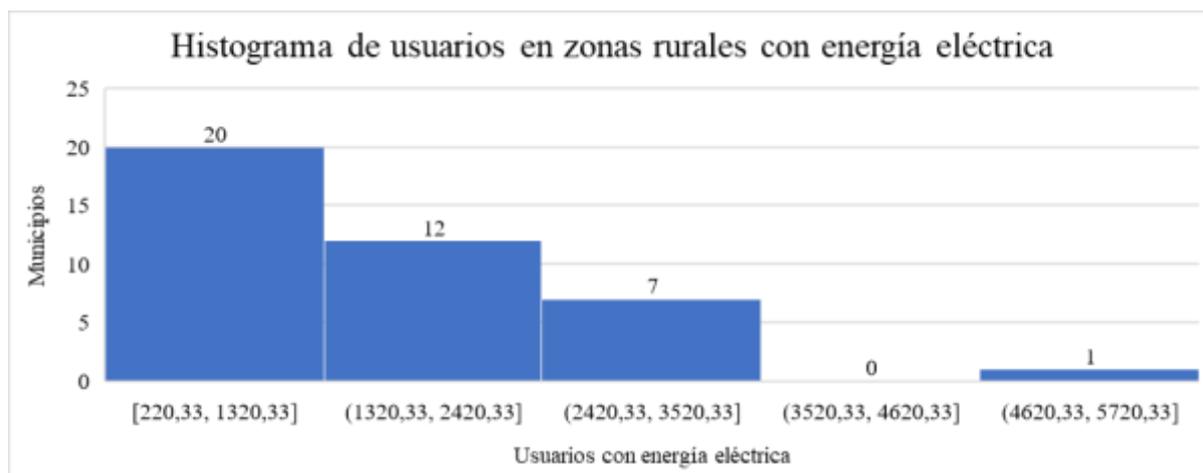
**Análisis por municipio.** El análisis de usuarios por municipio consiste en la comparación entre los usuarios en zonas rurales y la caracterización con base en rangos.

**Figura 25.** Resumen de usuarios con energía eléctrica por municipio.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Figura 26.** Histograma de usuarios con energía eléctrica.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

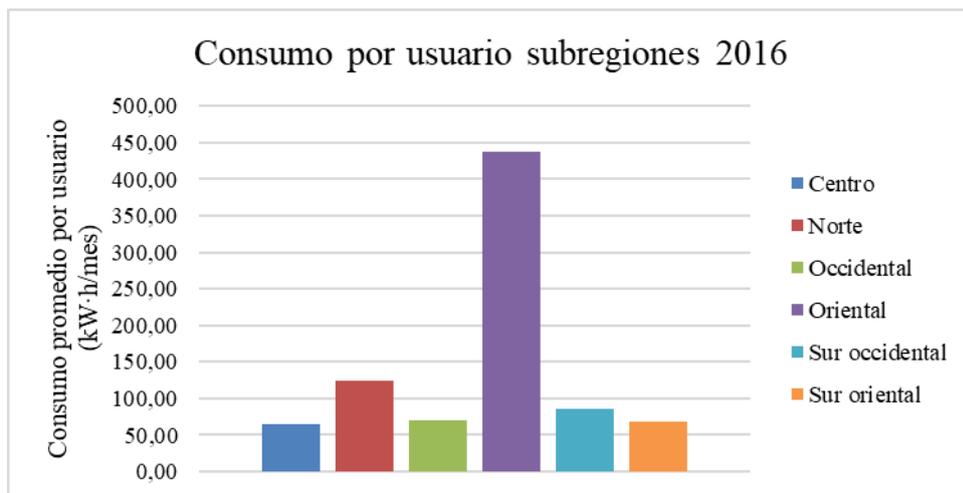
Observando la Figura 25 y la Figura 26 se puede decir que Tibú es el municipio con mayor cantidad de usuarios rurales con energía eléctrica, seguido de Ocaña, Teorama, El Zulia, Toledo, Ábrego, Convención y Cúcuta. Además, se puede observar en la Figura 26, el intervalo que representa la menor cantidad de usuarios contiene el 50% de los municipios, de estos los que tienen menor cantidad de usuarios rurales con energía eléctrica son: Santiago, San Cayetano, Herrán, Lourdes y Bucarasica.

#### **4.1.3. Consumo promedio por usuario en zonas rurales.**

Para la obtención de estos datos se realizó la relación entre el promedio mensual de los años de consumo energético de la zona rural de cada municipio y el promedio mensual de los usuarios a través de los años. Estos datos se trabajaron en kilovatios-hora por mes (kW·h/mes), debido a que los valores de consumo resultantes son del orden de miles de vatios-hora.

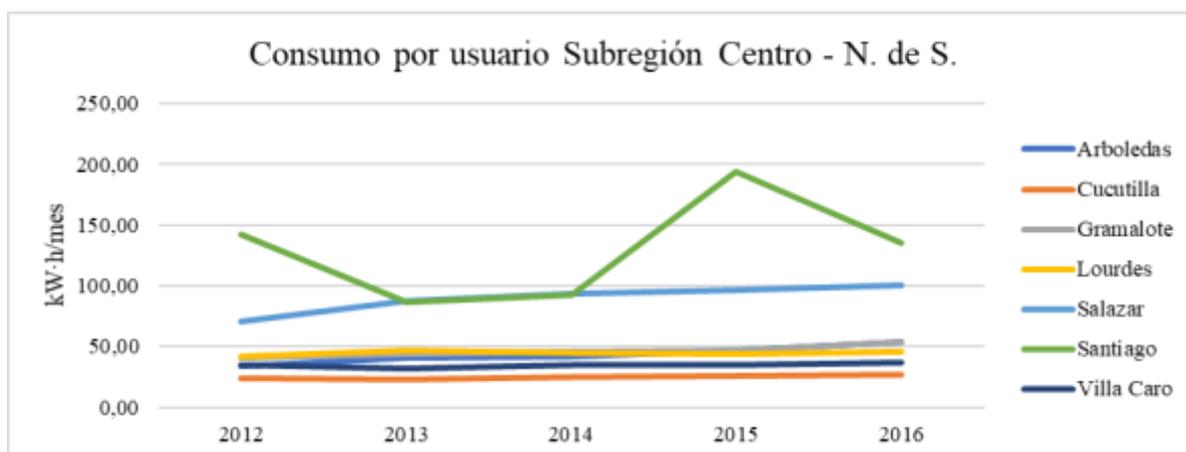
**Análisis por subregión.** En la Figura 27 se observa que la subregión Oriental posee más del triple de consumo promedio por usuario en comparación con cualquier otra subregión del Norte de Santander. Además, se puede apreciar que las tres (3) subregiones con menor consumo promedio por usuario son Occidental, Sur Oriental y Centro que no distan mucho de las dos subregiones restantes (Norte y Sur occidental).

**Figura 27.** Consumo promedio por usuario en subregiones para el 2016.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

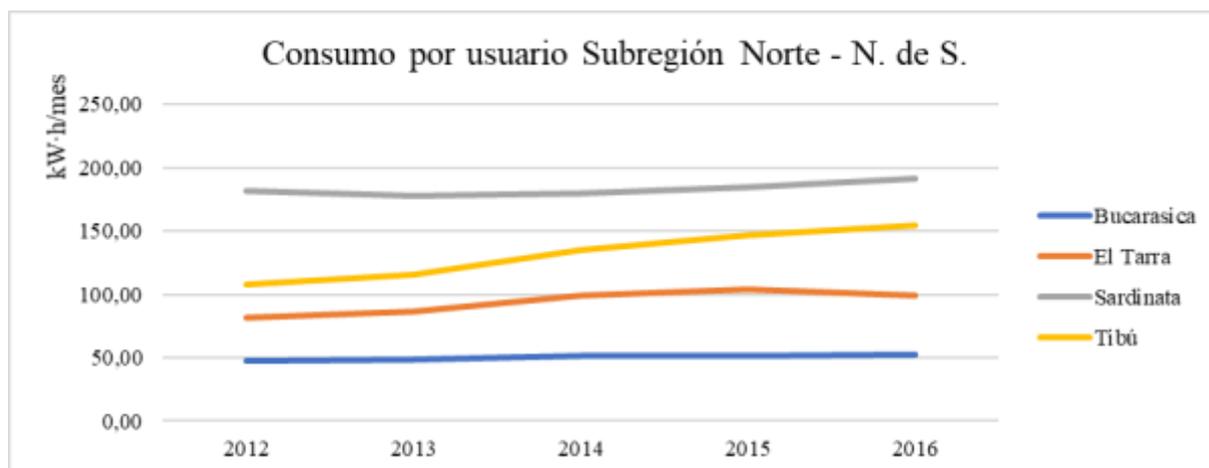
**Figura 28.** Consumo por usuario Subregión Centro - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la Figura 28 se puede inferir que en la subregión Centro los municipios de Santiago y Salazar, poseen el mayor consumo por usuario de esta subregión. El municipio de Salazar presenta una tendencia creciente mientras que Santiago muestra una tendencia cambiante, destacándose una tendencia decreciente del 2015 hacia el 2016.

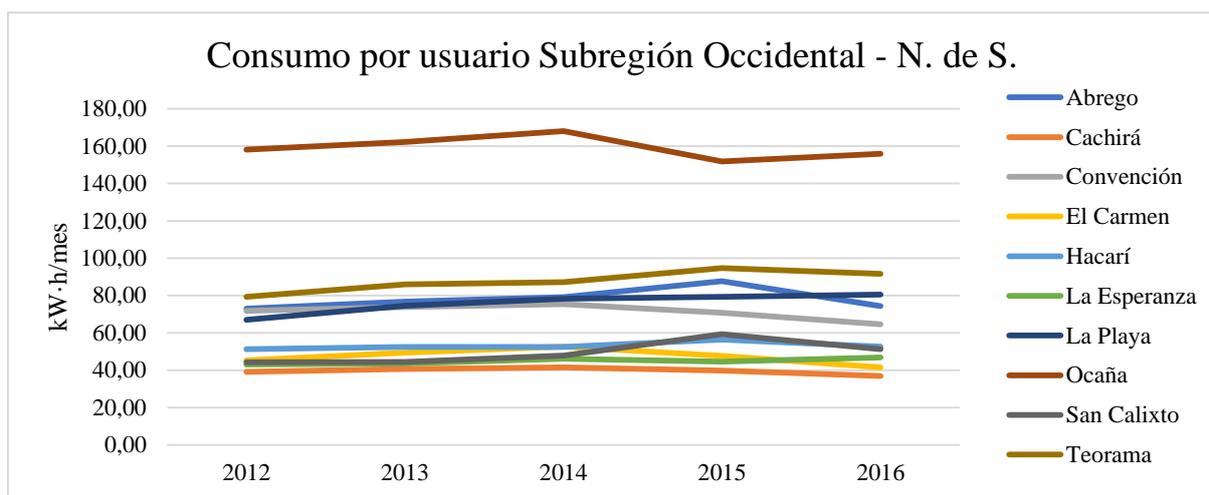
**Figura 29.** Consumo por usuario Subregión Norte - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión Norte (Figura 29), el municipio de Sardinata se aprecia un mayor consumo por usuario que el de los otros tres municipios. Aunque Sardinata presenta una leve tendencia al crecimiento, pero en comparación al municipio de Tibú, este último presenta una tendencia acelerada al crecimiento del consumo por usuario. En esta subregión, Bucarasica presenta el menor consumo por usuario.

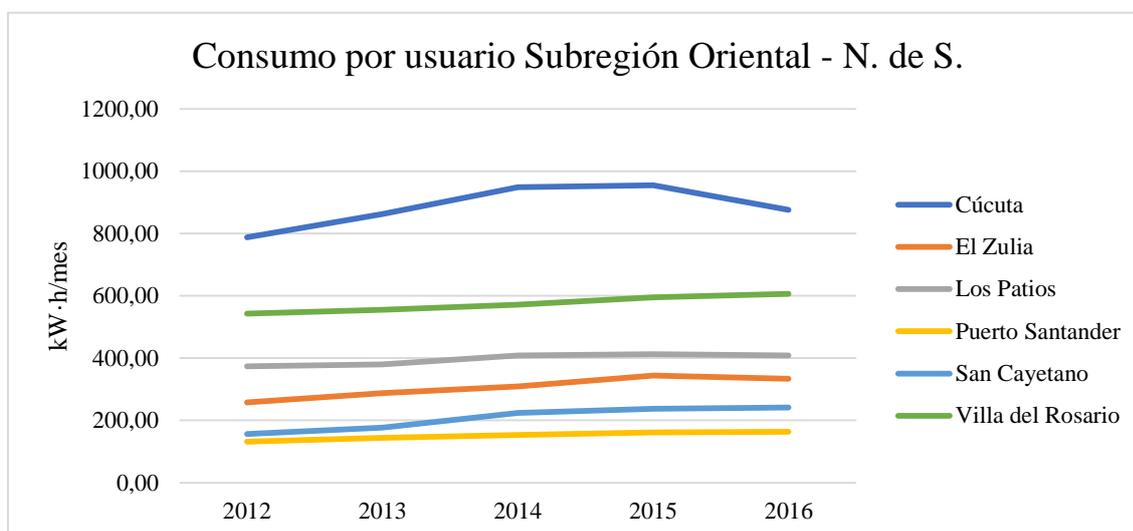
**Figura 30.** Consumo por usuario Subregión Occidental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para la subregión occidental (Figura 30), el municipio de Ocaña posee la mayor tendencia de consumo, seguido del municipio de Teorama; se puede destacar que Ocaña tiene una tendencia muy cambiante, con un leve crecimiento en el consumo por usuario desde el 2015 a 2016. Ábrego, Convención, San Calixto y el Carmen presentan tendencias decrecientes en los últimos años. El municipio de Cáchira posee el menor consumo por usuario de esta subregión.

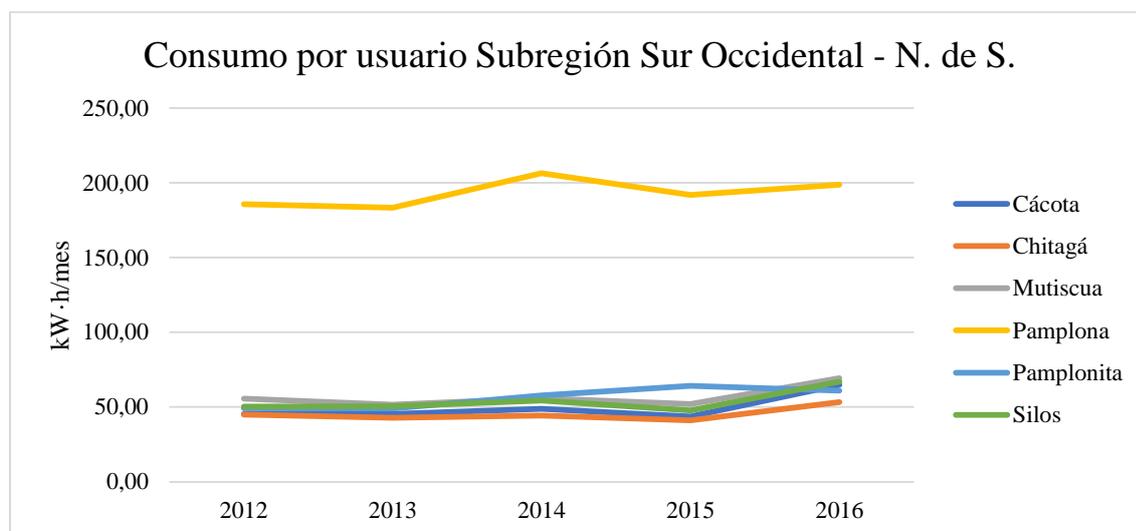
**Figura 31.** Consumo por usuario Subregión Oriental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la subregión Oriental (Figura 31), se obtiene que el municipio de Cúcuta y Villa del Rosario son los municipios que tienen mayor consumo. Además, se observa un decrecimiento en el consumo por usuario en Cúcuta del año 2015 al 2016, mientras Villa del Rosario presenta un leve pero constante crecimiento. En este caso Puerto Santander es el que presenta menor consumo por usuario, además de no observarse mayor crecimiento.

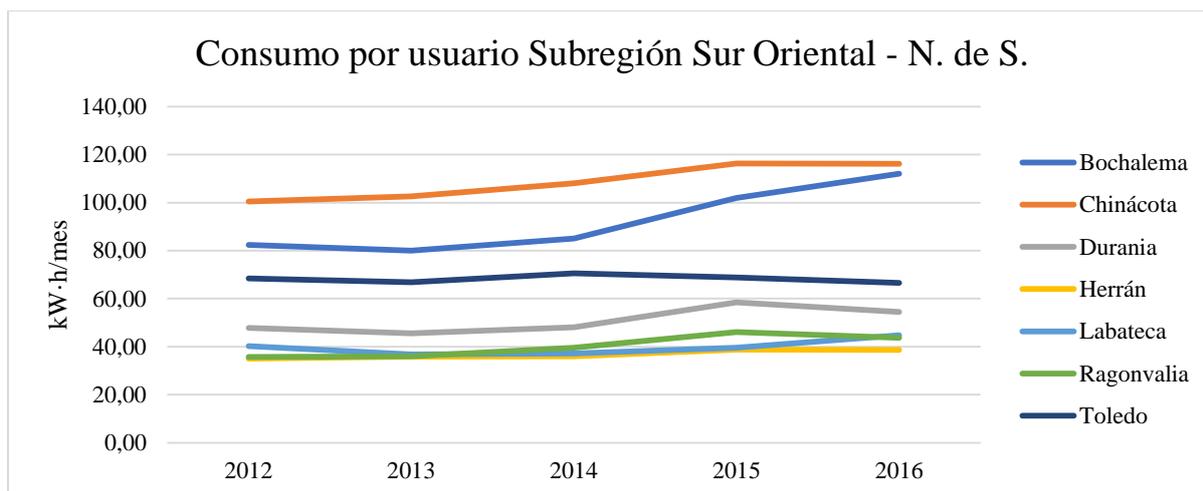
**Figura 32.** Consumo por usuario Subregión Sur occidental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la subregión Sur Occidental (Figura 32), se observa que el municipio de Pamplona es el que posee mayor consumo, muy por encima de los demás municipios de esta subregión; además, se puede agregar que tiene una tendencia muy cambiante, con un leve crecimiento en el consumo por usuario desde el año 2015 hacia el 2016. El municipio de Chitagá a pesar de ser el municipio con menor consumo por usuario presenta una leve tendencia al crecimiento del año 2015 hacia el 2016.

**Figura 33.** Consumo por usuario Subregión Sur oriental - N. de S.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Por último, en la subregión Sur Oriental (Figura 33), se observa que el municipio de Chinácota y Bochalema tienen el mayor consumo por usuario de dicha subregión, destacando una tendencia creciente más acelerada en Bochalema que en Chinácota a través de los años. Para este caso los municipios de Herrán, Labateca, y Ragonvalia, son los que tienen menor consumo por usuario.

Para un mejor análisis del consumo energético por subregión, se muestra en la Tabla 12 y la Tabla 13 los promedios de consumo energético por usuario, organizados de forma descendente.

**Tabla 12.** Consumo promedio por usuario en subregiones Centro, Norte y Occidental

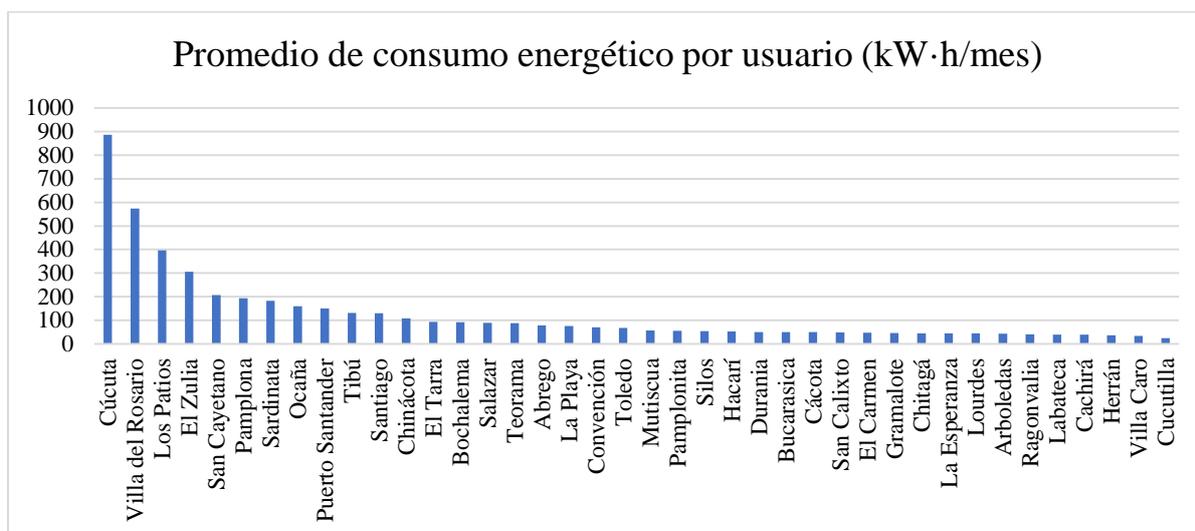
Subregión	Municipio	Promedio (kW·h/mes)	Max	Min
Centro	Santiago	130,13	193,82	86,35
	Salazar	89,71	100,27	70,44
	Gramalote	46,21	53,62	41,08
	Lourdes	44,48	46,51	42,09
	Arboledas	43,24	53,29	34,18
	Villa Caro	34,58	36,80	32,20
	Cucutilla	25,09	26,88	23,39
Norte	Sardinata	183,08	191,82	177,55
	Tibú	132,00	154,53	107,68
	El Tarra	94,02	104,37	81,67

Subregión	Municipio	Promedio (kW·h/mes)	Max	Min
Occidental	Bucarasica	50,36	52,06	47,80
	Ocaña	159,20	168,05	151,76
	Teorama	87,70	94,66	79,25
	Abrego	78,15	87,71	72,90
	La Playa	75,92	80,47	67,01
	Convención	71,24	75,36	64,48
	Hacarí	52,99	56,35	51,16
	San Calixto	49,34	59,19	44,17
	El Carmen	47,27	52,54	41,55
	La Esperanza	44,79	46,81	43,04
Cáchira	39,52	41,43	36,87	

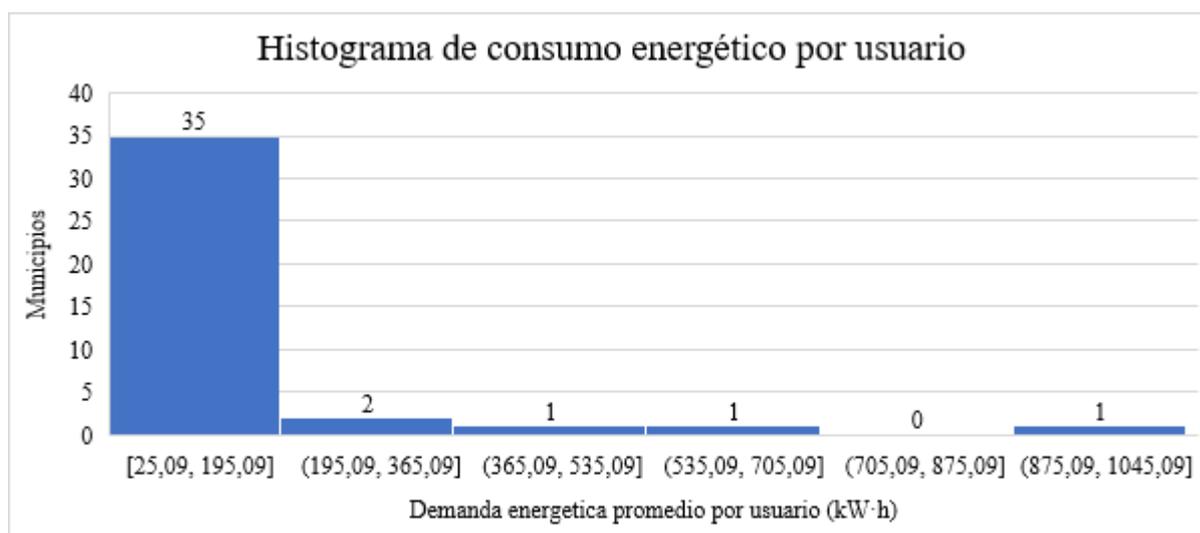
**Tabla 13.** Consumo promedio por usuario en subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental

Subregión	Municipio	Promedio (kW·h/mes)	Max	Min
Oriental	Cúcuta	885,94	954,57	787,46
	Villa del Rosario	573,89	606,06	542,39
	Los Patios	396,65	412,30	373,46
	El Zulia	306,29	343,45	258,31
	San Cayetano	207,22	241,29	156,31
	Puerto Santander	150,70	163,41	131,63
Sur occidental	Pamplona	193,16	206,42	183,35
	Mutiscua	56,87	69,22	51,67
	Pamplonita	56,22	64,20	49,01
	Silos	53,98	66,93	47,78
	Cácota	49,65	64,87	43,60
	Chitagá	45,33	53,28	41,12
Sur oriental	Chinácota	108,74	116,31	100,55
	Bochalema	92,29	112,05	80,07
	Toledo	68,27	70,62	66,63
	Durania	50,87	58,47	45,57
	Ragonvalia	40,20	46,06	35,67
	Labateca	39,72	44,77	36,78
	Herrán	36,83	38,78	35,00

**Análisis por municipio.** Analizando la Figura 34 y la Figura 35 permite inferir que el municipio de Cúcuta posee el mayor consumo de energía eléctrica por usuario, seguido de Villa del Rosario, Los Patios, luego el Zulia y San Cayetano. Los otros treinta y cinco (35) municipios (el 87,5% del total), se encuentran en un rango muy bajo de consumo eléctrico por usuario; teniendo como los municipios con menor consumo, Cucutilla, Villa Caro, Herrán, Cáchira, Labateca y Ragonvalia.

**Figura 34.** Promedio de consumo energético por usuario (kW·h/mes).

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Figura 35.** Histograma de consumo energético por usuario

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

## 4.2. Potencia y consumo de energía eléctrica por transformador

La información de potencia y consumo de energía por transformador en alimentadores corresponde a lo reportado por el operador de red (OR) para el año 2016, para cada municipio.

#### 4.2.1. Potencia por transformador en alimentadores.

Para el análisis de potencia se tomó la información de la potencia activa (P), reactiva (Q) y aparente (S) suministrada por el operador de red, para los 10355 transformadores conectados a 59 alimentadores, de los cuales 2297 (28,5%) son de 7,6 kV y 8058 (71,5%) de 13,8 kV. En la Tabla 14 se observa el promedio de cada tipo de potencia, la cantidad de usuarios por transformador y el factor de potencia (Fp) promedio para cada municipio del departamento.

**Tabla 14.** Potencia en transformadores de zonas rurales-Año 2016

Municipio	Transformadores (T)	Usuarios (U)	P(kW)	Q(kVAr)	S(kVA)	Fp	U/T
Ábrego	758	4128	0,88	0,47	1,01	0,88	5
Arboledas	250	1643	1,36	0,27	1,39	0,98	7
Bochalema	185	1470	3,27	1,34	3,53	0,92	8
Bucarasica	156	888	0,75	0,38	0,85	0,89	6
Cáchira	321	1969	0,27	0,09	0,29	0,95	6
Cácota	86	558	1,45	0,21	1,47	0,99	6
Chinácota	237	1817	2,56	1,12	2,80	0,92	8
Chitagá	218	1761	1,29	0,19	1,30	0,99	8
Convención	461	3363	1,41	0,45	1,48	0,95	7
Cúcuta	890	7020	5,89	2,73	6,51	0,90	8
Cucutilla	242	1809	0,92	0,18	0,93	0,98	7
Durania	113	574	0,72	0,29	0,78	0,93	5
El Carmen	394	1576	0,55	0,17	0,58	0,95	4
El Tarra	430	2097	1,22	0,24	1,24	0,98	5
El Zulia	393	2849	5,02	2,09	5,45	0,92	7
Gramalote	150	977	1,33	0,51	1,45	0,92	7
Hacarí	383	2386	1,27	0,35	1,32	0,96	6
Herrán	85	525	1,15	0,39	1,22	0,95	6
La Esperanza	262	1467	0,40	0,13	0,42	0,95	6
La Playa	232	1788	2,29	0,76	2,41	0,95	8
Labateca	175	1408	1,06	0,15	1,07	0,99	8
Los Patios	150	1142	4,78	2,06	5,20	0,92	8
Lourdes	96	617	0,66	0,39	0,77	0,86	6
Mutiscua	97	947	0,49	0,15	0,51	0,96	10
Pamplona	220	1228	0,98	0,26	1,02	0,96	6
Pamplonita	189	1490	1,87	0,63	1,98	0,95	8

<b>Municipio</b>	<b>Transformadores (T)</b>	<b>Usuarios (U)</b>	<b>P(kW)</b>	<b>Q(kVAr)</b>	<b>S(kVA)</b>	<b>Fp</b>	<b>U/T</b>
Pelaya (Cesar)	66	167	1,51	1,01	1,83	0,83	3
Puerto Santander	49	318	3,21	1,62	3,59	0,89	6
Ragonvalia	99	700	1,07	0,37	1,13	0,95	7
Salazar	260	1735	2,45	0,57	2,52	0,97	7
San Calixto	198	1512	1,37	0,32	1,41	0,97	8
San Cayetano	101	711	4,04	1,18	4,21	0,96	7
Santiago	80	282	1,29	0,36	1,34	0,96	4
Sardinata	305	1863	4,24	1,42	4,50	0,94	6
Silos	142	1273	0,43	0,14	0,46	0,95	9
Teorama	354	2685	3,98	1,29	4,18	0,95	8
Tibú	882	6370	7,30	2,66	7,78	0,94	7
Toledo	382	3343	2,66	0,68	2,76	0,97	9
Villa Caro	211	902	0,57	0,14	0,59	0,97	4
Villa del Rosario	53	323	5,94	2,81	6,58	0,90	6
<b>Total</b>	<b>10355</b>	<b>69681</b>	<b>2,62</b>	<b>0,97</b>	<b>2,81</b>	<b>0,93</b>	<b>7</b>

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte Santander.

En la Tabla 14, se observa la inclusión de los transformadores en la zona rural del municipio de Pelaya, del departamento de Cesar. El operador de red al suministrar la información puso en conocimiento del PERS que los usuarios rurales del municipio de Ocaña son atendidos mediante redes media y baja tensión del municipio de Pelaya. Esto se debe a que la distancia con respecto a las líneas de distribución del casco urbano de Ocaña es superior, y por lo tanto inconveniente.

**Usuarios por transformador.** Por otro lado, el municipio que cuenta con el mayor número de usuarios conectados a transformadores en zonas rurales es Cúcuta con 7020, seguido de Tibú con 6370 y Ábrego con 4128. Mientras que Pelaya con 167, Santiago con 282, Puerto Santander con 318 y Villa del Rosario con 323 ocupan los últimos lugares.

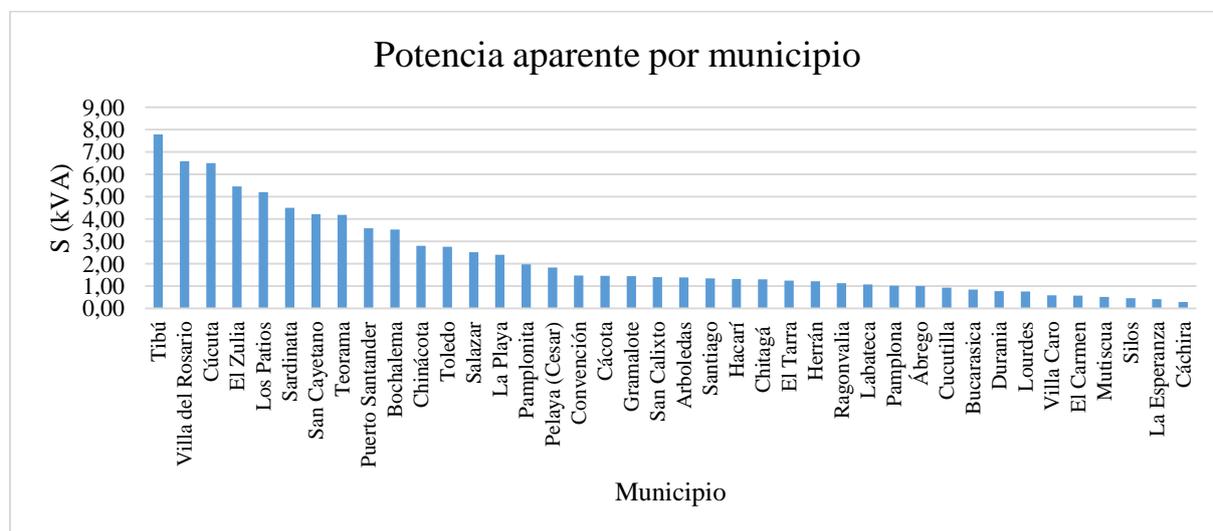
Sin embargo, al analizar el promedio de usuarios por transformador (U/T) se observa que Mutiscua ocupa el primer lugar con 10, seguido por Silos y Toledo con 9. Además, los municipios con el mayor número de usuarios (Cúcuta, Tibú y Ábrego), ocupan los lugares 8,

19 y 37, respectivamente. Por lo cual en los municipios con mayor U/T, al presentarse un fallo de energía en las redes rurales se corre el riesgo de afectar a gran parte de la población.

**Potencia por transformador.** Para analizar la potencia para cada municipio se construyó el diagrama de barras de la Figura 36, en ésta se organizaron los municipios de mayor a menor demanda de potencia.

Los municipios con mayor demanda de potencia aparente son Tibú, Villa del Rosario y Cúcuta, con 7,78 kVA, 6,58 kVA y 6,51 kVA, contando con factores de potencia promedio de 0,94 para Tibú y 0,90 para los dos últimos. Además, el municipio que demanda menor cantidad de potencia es Cáchira con 0,29 kVA; seguido por Silos y La Esperanza con 0,42 y 0,46 kVA, como coincidencia estos tres municipios cuentan con 0,95 de factor de potencia.

**Figura 36.** Potencia aparente por municipio

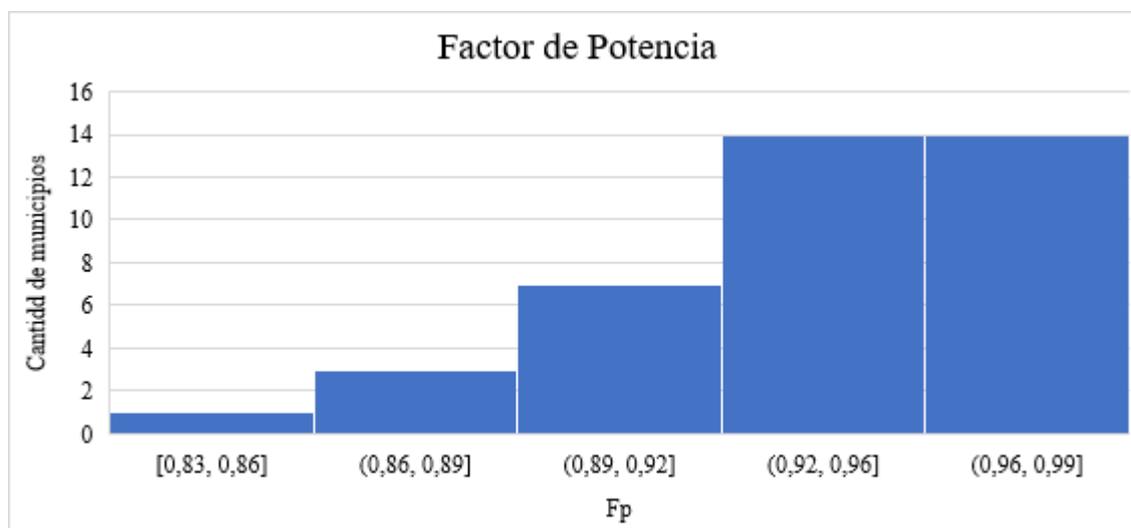


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Factor de potencia por municipio.** Un indicador de la calidad del servicio según el marco normativo de la CREG es el factor de potencia. El documento CREG-018 de marzo de 2005, establece la Gestión del Flujo de Potencia Reactiva, identificando implicaciones del flujo de este tipo de potencia como: disminución de capacidad de transporte de potencia activa, aumento de las pérdidas de la red, deterioro del perfil de tensión y por lo tanto de la calidad del servicio y la disminución del límite de seguridad para colapso de tensión. Como resultado de lo anterior, se decidió analizar el comportamiento del Fp de los transformadores ubicados en zonas rurales del departamento.

En la Figura 37 se muestra el histograma de frecuencias para el Fp. En este se evidencia que 35 (87,5%) de los municipios tiene un Fp superior a 0,90.

**Figura 37.** Factor de potencia en transformadores por municipio



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

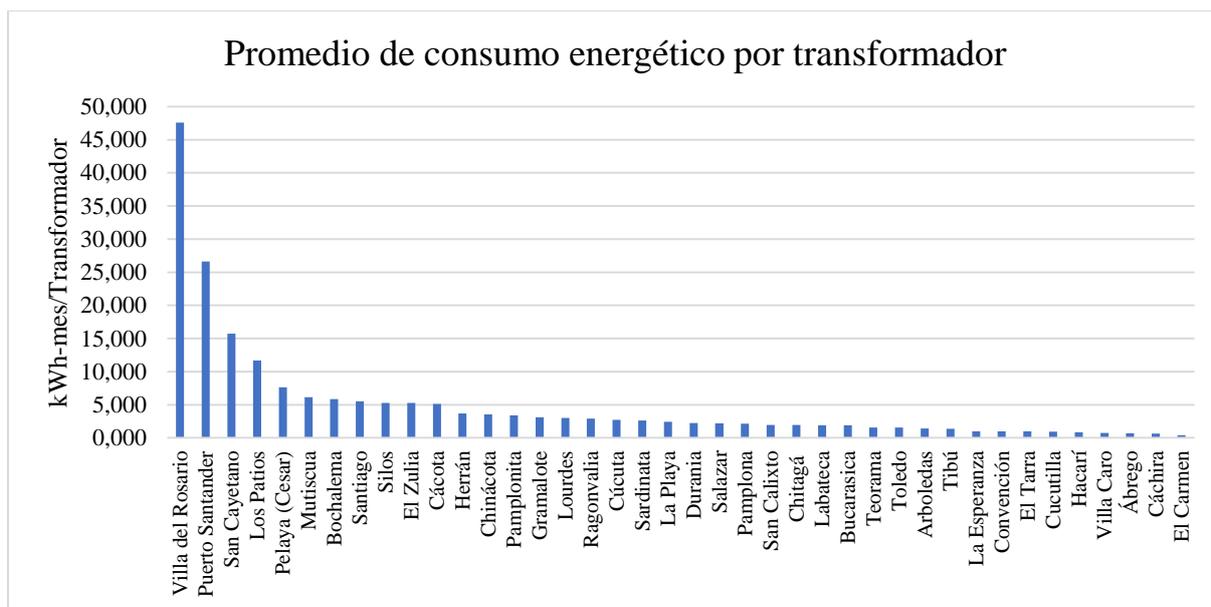
Lo anterior es un indicio de calidad del servicio en las zonas rurales interconectadas, debido a que da cumplimiento a la Resolución CREG 108 de 1997 que determinó el control del factor de potencia en el servicio de energía eléctrica para usuarios residenciales y suscriptores, estableciendo que sea superior o igual a 0,9 inductivo. Los municipios que no cumplen con este estándar son: Lourdes, Ábrego, Bucarasica, Puerto Santander y Pelaya.

#### **4.2.2. Consumo de energía eléctrica por transformador.**

Con base en la información suministrada por OR, se obtuvo el consumo promedio de energía eléctrica en kWh-mes en cada municipio para cada uno de los meses del año. Para ello se determinó el consumo de energía promedio anual, en kWh-mes, para cada municipio y se dividió entre el número de transformadores del municipio.

En la Figura 38 se muestra el consumo promedio de energía por transformador para cada municipio durante el año 2016. En esta figura, resalta el municipio de Villa del Rosario, como el municipio con el mayor consumo promedio con 47,6 kWh-mes; casi duplicando al siguiente, Puerto Santander con 26,6 kWh-mes.

**Figura 38.** Promedio de consumo energético por transformador por municipio-Año 2016



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Además, en la Figura 38, se observa que los municipios con el menor consumo son El Carmen, Cáchira y Villa Caro con 0,424 kWh-mes, 0,673 kWh-mes y 0,713 kWh-mes.

Al consolidar esta información se obtiene que el consumo promedio por transformador en el departamento, en zonas rurales, es de 0,077 kWh-mes.

## 5. Análisis de la demanda energética: Fuentes primarias

### 5.1. Indicadores poblacionales de cobertura de energía eléctrica

#### 5.1.1. Cobertura de energía eléctrica en Norte de Santander.

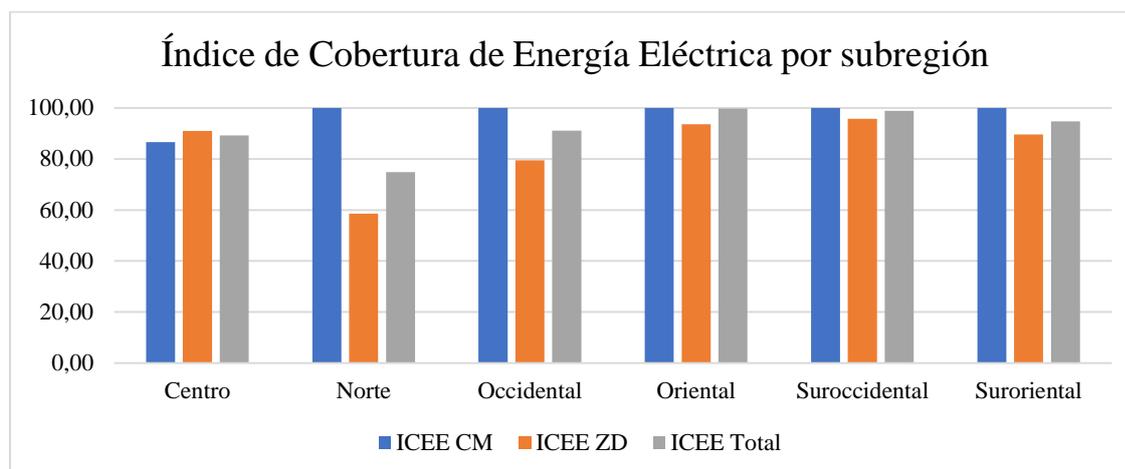
**Análisis por subregión.** Al aplicar la metodología de cálculo del ICEE de la UPME a la información secundaria (ver Tabla 8) y los criterios de selección y clasificación de información, se determina el ICEE para cada subregión del departamento. En la Tabla 15, se muestran los datos consolidados para el cálculo del ICEE por parte del PERS-Norte de Santander.

**Tabla 15.** Índice de cobertura de energía eléctrica por subregión

Subregión	Reporte Usuarios OR / Viviendas OR+/-Ajuste						ICEE (%)		
	Usuarios CM	Usuarios ZD	Usuarios	Viviendas CM	Viviendas ZD	Vivien- das	ICEE CM	ICEE ZD	ICEE Total
Centro	4634	6968	11602	5349	7662	13011	86,63	90,94	89,17
Norte	10833	9777	20610	10833	16701	27534	100,0	58,54	74,85
Occidental	42529	25485	68014	42545	32071	74616	99,96	79,46	91,15
Oriental	244711	8413	253124	244845	8988	253833	99,95	93,60	99,72
Suroccidental	16760	5983	22743	16760	6252	23012	100,0	95,70	98,83
Suroriental	9740	8946	18686	9740	9989	19729	100,0	89,56	94,71
Total	329207	65572	<b>394779</b>	330072	81663	<b>411735</b>	99,74	80,30	<b>95,88</b>

Fuente: PERS-Norte de Santander

En esta tabla se observa que la subregión Occidental cuenta con el mayor número de usuarios en zona dispersa (ZD) con un total de 25.485, lo que representa el 39% del departamento. Mientras que el menor número de usuarios se encuentra en la subregión Suroccidental con 5.983 usuarios, representando el 9% del departamento. En la Figura 39, se muestran la comparación del ICEE por cabecera municipal y zona dispersa para las subregiones del departamento.

**Figura 39.** Índice de Cobertura de Energía Eléctrica por subregión

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al comparar los ICEE de cada subregión se observa que la subregión norte presenta el menor ICEE en zona dispersa con el 58,54%, lo cual repercute en el ICEE total al obtener el de menor valor del departamento con 74,85%. Además, la subregión con el más alto ICEE total es la oriental con un 99,72%, obteniendo un 99,95% y 93,60% en cabecera municipal y zona dispersa respectivamente.

En la Tabla 16 se resumen el número de Viviendas Sin Servicio (VSS) para cada subregión del departamento, encontrando que el total de VSS en zona dispersa corresponde a 16266 familias de 17131 que constituyen el total del departamento. Esto implica que el 94,95% de la población sin servicio de energía eléctrica se encuentra en las zonas rurales del departamento.

**Tabla 16.** Viviendas sin servicio por subregión

Subregión	Estimado PERS Ajuste VSS 2016		
	VSS CM	VSS ZD	VSS Total
Centro	715	694	1409
Norte	0	6924	6924
Occidental	16	6586	6602
Oriental	134	575	709

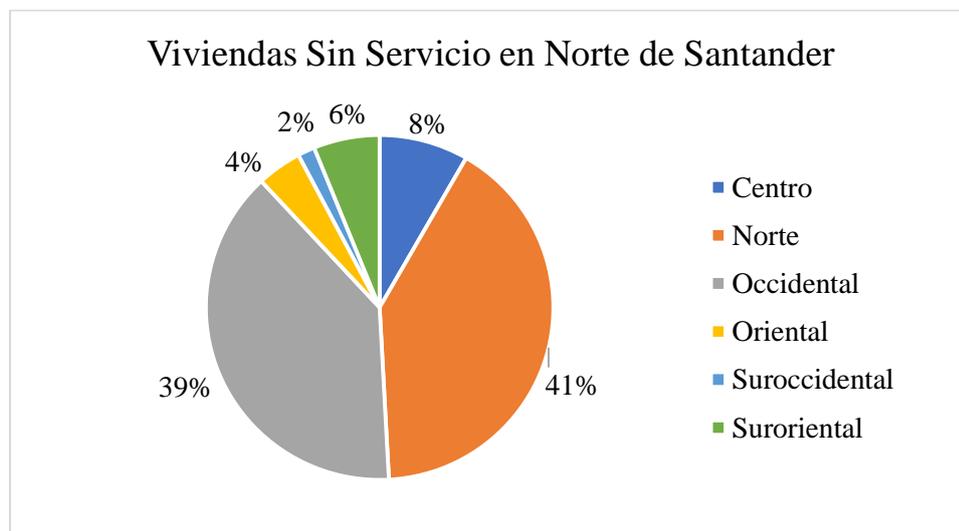
Suroccidental	0	269	269
Suroriental	0	1043	1043
<b>Total</b>	<b>865</b>	<b>16091</b>	<b>16956</b>

Fuente: PERS-Norte de Santander

En esta tabla se observa que el 82,66% de las VSS en cabecera municipal se encuentran en la subregión Centro. Mientras que las otras dos subregiones que cuentan con VSS son la Oriental con el 15,49% y la Occidental con 1,85%.

La Figura 40 muestra el diagrama de sectores para las VSS del departamento, clasificándolo por subregión. Las dos subregiones con el más alto número de VSS son la Occidental y Norte con 6924 y 6602, logrando la concentración de 80% de la población sin servicio en estas dos zonas. Además, la región Suroccidental presenta la menor cantidad de VSS con 269 (2%).

**Figura 40.** Viviendas sin servicio en Norte de Santander



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Análisis por municipio.** En la Tabla 17 se muestra el ICEE por municipio, en cabecera municipal y en zona dispersa. Como puede observarse, la aplicación de la metodología de la UPME a la información recopilada determina resultados muy similares a los obtenidos por CENS (ver Tabla 7); por lo cual, con la metodología de ajuste se obtiene un mínimo incremento en el ICEE global que resulta en el 95,88%; mientras que a nivel urbano se mantiene en el 99,74% pero a nivel rural aumenta a 80,30%.

**Tabla 17.** Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio-ICEE 2016.

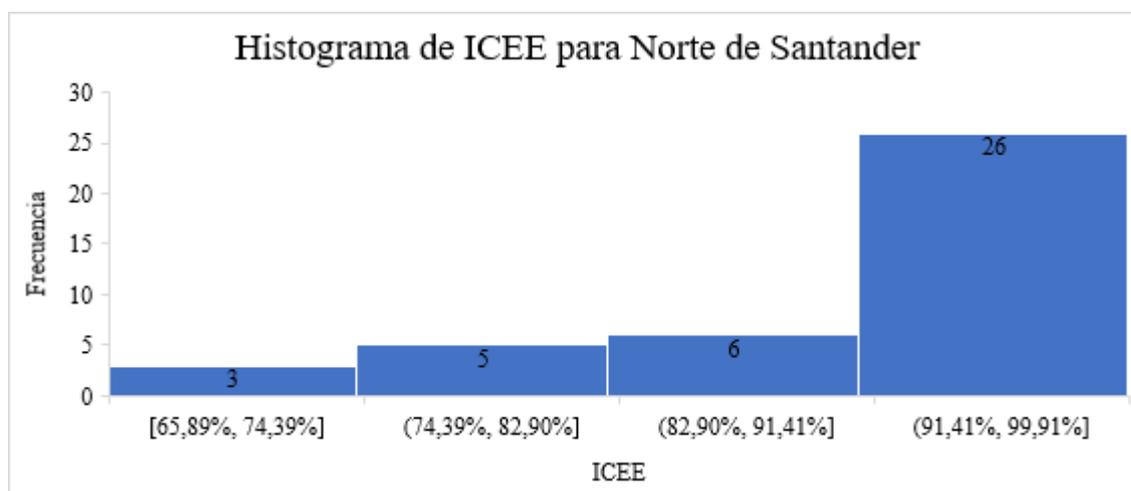
Municipio	Reporte Usuarios OR / Viviendas OR+/-Ajuste						ICEE		
	Usuarios CM	Usuarios ZD	Usuarios	Viviendas CM	Viviendas ZD	Viviendas	ICEE CM	ICEE ZD	ICEE Total
Ábrego	4.451	3.681	8.132	4.451	5.411	9.862	100,00%	68,03%	82,46%
Arboledas	805	1.375	2.180	805	1.641	2.446	100,00%	83,79%	89,13%
Bochalema	1.552	674	2.226	1.552	775	2.327	100,00%	86,97%	95,66%
Bucarasica	529	555	1.084	529	614	1.143	100,00%	90,39%	94,84%
Cáchira	952	2.024	2.976	952	2.270	3.222	100,00%	89,16%	92,36%
Cácota	262	657	919	262	685	947	100,00%	95,91%	97,04%
Chinácota	4.009	1.831	5.840	4.009	1.867	5.876	100,00%	98,07%	99,39%
Chitagá	1.503	1.323	2.826	1.503	1.384	2.887	100,00%	95,59%	97,89%
Convención	2.507	3.036	5.543	2.507	3.779	6.286	100,00%	80,34%	88,18%
Cúcuta	188.099	2.257	190.356	188.099	2.419	190.518	100,00%	93,30%	99,91%
Cucutilla	611	1.682	2.293	611	1.872	2.483	100,00%	89,85%	92,35%
Durania	728	801	1.529	728	836	1.564	100,00%	95,81%	97,76%
El Carmen	1.540	1.818	3.358	1.540	2.586	4.126	100,00%	70,30%	81,39%
El Tarra	1.550	2.012	3.562	1.550	2.759	4.309	100,00%	72,92%	82,66%
El Zulia	4.172	2.927	7.099	4.172	3.058	7.230	100,00%	95,72%	98,19%
Gramalote	75	1.333	1.408	790	1.347	2.137	9,49%	98,96%	65,89%
Hacarí	260	2.359	2.619	276	2.818	3.094	94,20%	83,71%	84,65%
Herrán	262	396	658	262	643	905	100,00%	61,59%	72,71%
La Esperanza	1.214	2.282	3.496	1.214	2.655	3.869	100,00%	85,95%	90,36%
La Playa	319	1.878	2.197	319	2.300	2.619	100,00%	81,65%	83,89%
Labateca	637	1.355	1.992	637	1.497	2.134	100,00%	90,51%	93,35%
Los Patios	23.024	782	23.806	23.024	919	23.943	100,00%	85,09%	99,43%
Lourdes	633	466	1.099	633	516	1.149	100,00%	90,31%	95,65%
Mutiscua	431	659	1.090	431	676	1.107	100,00%	97,49%	98,46%
Ocaña	29.955	3.283	33.238	29.955	3.671	33.626	100,00%	89,43%	98,85%
Pamplona	13.387	1.216	14.603	13.387	1.302	14.689	100,00%	93,39%	99,41%
Pamplonita	506	1.173	1.679	506	1.235	1.741	100,00%	94,98%	96,44%
Puerto Santander	3.157	1.344	4.501	3.157	1.359	4.516	100,00%	98,90%	99,67%
Ragonvalia	658	847	1.505	658	920	1.578	100,00%	92,07%	95,37%
Salazar	1.392	916	2.308	1.392	992	2.384	100,00%	92,34%	96,81%
San Calixto	469	1.923	2.392	469	2.589	3.058	100,00%	74,28%	78,22%
San Cayetano	1.298	280	1.578	1.298	401	1.699	100,00%	69,83%	92,88%
Santiago	473	209	682	473	228	701	100,00%	91,67%	97,29%
Sardinata	3.238	1.194	4.432	3.238	3.440	6.678	100,00%	34,71%	66,37%
Silos	671	955	1.626	671	970	1.641	100,00%	98,45%	99,09%
Teorama	862	3.201	4.063	862	3.992	4.854	100,00%	80,19%	83,70%
Tibú	5.516	6.016	11.532	5.516	9.888	15.404	100,00%	60,84%	74,86%
Toledo	1.894	3.042	4.936	1.894	3.451	5.345	100,00%	88,15%	92,35%

Villa del Rosario	24.961	823	25.784	25.095	832	25.927	99,47%	98,92%	99,45%
Villa caro	645	987	1.632	645	1.066	1.711	100,00%	92,59%	95,38%
<b>Total</b>	<b>329.207</b>	<b>65.572</b>	<b>394.779</b>	<b>330.072</b>	<b>81.663</b>	<b>411.735</b>	<b>99,74%</b>	<b>80,30%</b>	<b>95,88%</b>

Fuente: Centrales Eléctricas de Norte Santander.

Con base en lo anterior, se estima por parte del PERS que existen necesidades por atender del orden de las 16956 viviendas de las cuales 16091 corresponden al sector rural del departamento. Adicional a lo anterior, se realizó el histograma de frecuencias del ICEE para los municipios de Norte de Santander.

**Figura 41.** Histograma del ICEE para Norte de Santander

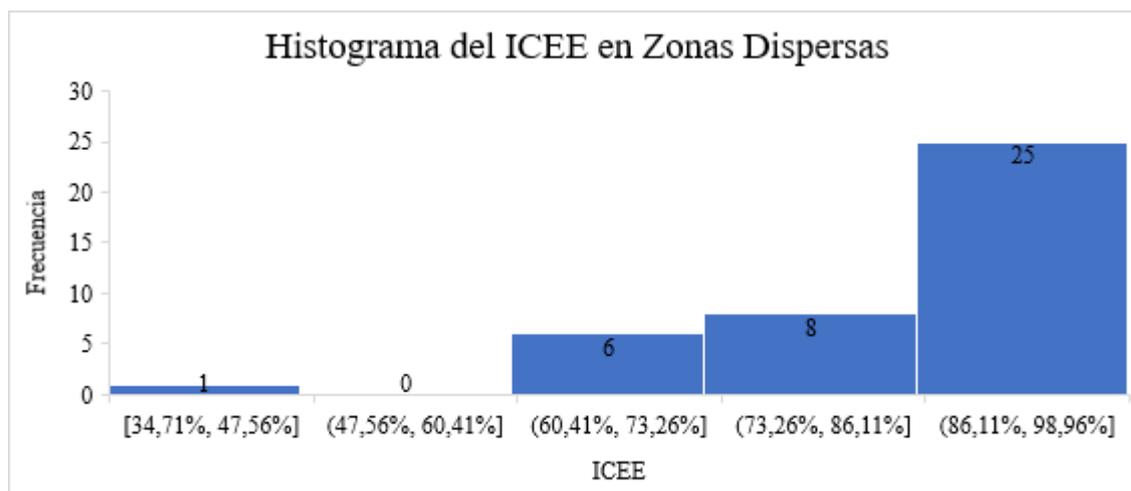


Fuente: Centrales Eléctricas de Norte Santander.

En esta figura se observa que el 65% de los municipios cuentan con un ICEE superior al 91%; mientras que los municipios de Herrán, Sardinata y Gramalote alcanzan como máximo 74,39%. Además, el 30% de los municipios cuentan con ICEE entre 74,39% y 91,41%.

Para el análisis del ICEE en zona dispersa se construyó el histograma de la Figura 42.

**Figura 42.** Histograma del ICEE en Zonas Dispersas de Norte de Santander



Fuente: PERS-Norte de Santander

En este caso, se observa que el municipio de Sardinata cuenta con ICEE en zona dispersa de 34,71% siendo el menor de todo el departamento. En la distribución anterior se observa que el 62,5% de los municipios cuentan como mínimo con ICEE de 86,11% en zona dispersa. Es importante notar que, a diferencia del anterior, el 35% de los municipios cuentan con ICEE en zona dispersa entre 60,41% y 86,11%.

Con el propósito de revisar los indicadores municipales de VSS a nivel de cabecera municipal y zona dispersa se obtuvieron estos valores para cada municipio clasificándolos por subregión.

**Tabla 18.** Viviendas sin servicio, subregiones Centro, Norte y Occidental

Zona	Municipio	Estimado PERS Ajuste VSS 2016		
		VSS CM	VSS ZD	VSS Total
Centro	Arboledas	0	266	266
	Cucutilla	0	190	190
	Gramalote	715	14	729
	Lourdes	0	50	50
	Salazar	0	76	76
	Santiago	0	19	19
	Villa Caro	0	79	79
Norte	Bucarasica	0	59	59
	El Tarra	0	747	747
	Sardinata	0	2246	2246

	Tibú	0	3872	3872
Occidental	Abrego	0	1730	1730
	Cachirá	0	246	246
	Convención	0	743	743
	El Carmen	0	768	768
	Hacarí	16	459	475
	La Esperanza	0	373	373
	La Playa	0	422	422
	Ocaña	0	388	388
	San Calixto	0	666	666
	Teorama	0	791	791

Fuente: PERS-Norte de Santander

En la subregión Centro, el municipio de Gramalote presenta 729 VSS siendo 715 de éstas en cabecera municipal; sin embargo, es un caso particular debido al desastre natural ocurrido en 2010 en el cual este municipio fue destruido por un deslizamiento de tierra. En orden descendente, se encuentran Arboledas y Cucutilla con 266 y 190 VSS, todas ellas en zonas dispersas. Con respecto a la subregión Norte, los municipios de Sardinata y Tibú presentan los valores más altos, no solo de su subregión sino también del departamento, con 2246 y 3872 familias sin servicio eléctrico en zona dispersa. Para el caso de la subregión Occidental, Abrego está en el primer lugar con 1730 VSS, seguido por Teorama, Convención y El Carmen con 791, 743 y 768 viviendas sin servicio eléctrico.

**Tabla 19.** Viviendas sin servicio, subregiones Oriental, Suroccidental y Suroriental

Zona	Municipio	Estimado PERS Ajuste VSS 2016		
		VSS CM	VSS ZD	VSS Total
Oriental	Cúcuta	0	162	162
	El Zulia	0	131	131
	Los Patios	0	137	137
	Puerto Santander	0	15	15
	San Cayetano	0	121	121
	Villa del Rosario	134	9	143
Sur occidental	Cácota	0	28	28
	Chitagá	0	61	61
	Mutiscua	0	17	17
	Pamplona	0	86	86
	Pamplonita	0	62	62
	Silos	0	15	15
Sur oriental	Bochalema	0	101	101
	Chinácota	0	36	36

Durania	0	35	35
Herrán	0	247	247
Labateca	0	142	142
Ragonvalia	0	73	73
Toledo	0	409	409

Fuente: PERS-Norte de Santander

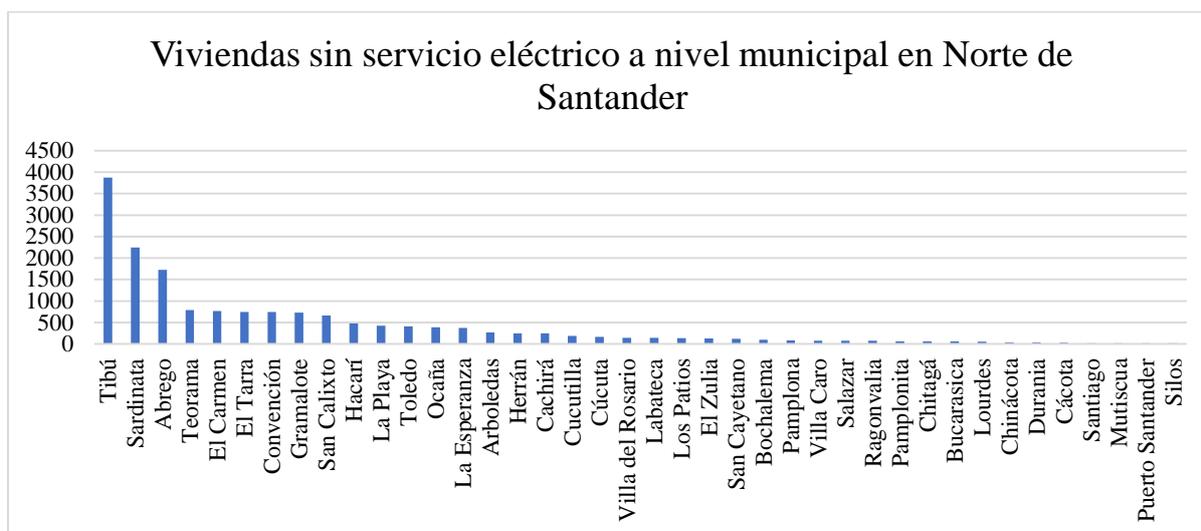
Al evaluar las necesidades de servicio eléctrico de las subregiones Oriental, Sur occidental y Sur oriental (ver Tabla 19) se observa que los municipios con mayor número de VSS son Cúcuta con 162, Pamplona con 86 y Toledo con 409.

En el caso de la subregión Oriental, se presentan grandes diferencias con respecto a la información obtenida del operador de red, debido a que éste no reportó VSS en cabecera municipal de Villa del Rosario. Sin embargo, esta subregión presenta un comportamiento uniforme en la cantidad de VSS a excepción de Puerto Santander que solo presenta 15 necesidades de servicio en zona dispersa.

Para la subregión Sur occidental se observa que el municipio de Pamplona cuenta con el 32% de las necesidades de la subregión, siendo un municipio de interés para el PERS-Norte de Santander. El siguiente municipio en orden descendente es Pamplonita con 61 (23%) de VSS, todas en zona dispersa.

Con respecto a la subregión Sur oriental, se destaca que no se encontraron necesidades de electrificación en las cabeceras municipales de sus municipios. Toledo presenta el mayor número de VSS con 409, seguido por Herrán con 247, Labateca con 142 y Bochalema con 101. Mientras que el municipio con el menor número de necesidades es Durania con 35 VSS.

En la Figura 43 se muestran organizados de forma descendente los municipios del departamento, con base en la cantidad de VSS.

**Figura 43.** Viviendas sin servicio eléctrico, por municipio, para Norte de Santander

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En esta figura se destaca Tibú con el mayor número de necesidades con el 22,83% de las VSS del departamento, seguido de Sardinata y Abrego con 13,24% 10,20% respectivamente.

Por otro lado, Silos, Puerto Santander y Mutiscua presentan el menor número de necesidades del departamento con 15, 15 y 17 VSS respectivamente.

### 5.1.2. Análisis del índice de cobertura de energía eléctrica del departamento.

El ajuste realizado para el cálculo del ICEE arroja resultados muy similares a los obtenidos por CENS, concluyéndose que la metodología de la UPME es válida; pero debe considerar ajustes como los planteados en este documento.

De acuerdo con dicha metodología, se obtiene un ICEE global para Norte de Santander del 95,88%; con 99,74% y 80,30% a nivel urbano y rural, respectivamente.

Con base en lo anterior se estima por parte del PERS que existen necesidades por atender cercanas a 16956 viviendas, de las cuales 16091 corresponden al sector rural del departamento.

Con respecto a las subregiones del departamento, cuatro (4) de estas tienen indicadores de cobertura de energía eléctrica superiores al 90%. Destacándose la subregión Norte presentando los valores más bajos de cobertura a nivel general; mientras, que las subregiones Norte y Occidental presentan los valores más bajos de ICEE en zona dispersa con 58,54% y 79,46%.

Los municipios con el mayor número de necesidades de electrificación son Tibú, Sardinata y Ábrego, siendo estos potenciales casos de estudio para la formulación de soluciones energéticas por parte del PERS-Norte de Santander. Mientras que Mutiscua, Puerto Santander y Silos presentan la menor cantidad.

## **5.2. Consumo básico de energía por sectores**

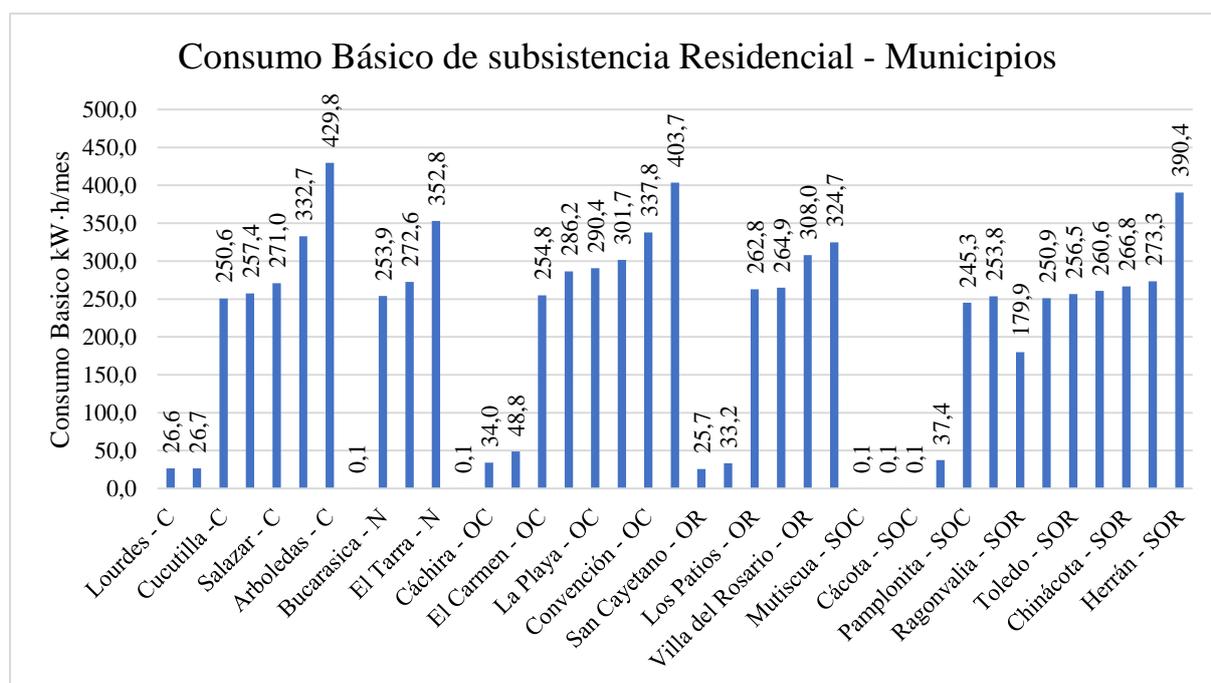
### **5.2.1. Caracterización del consumo de energía en zonas interconectadas.**

Para las zonas interconectadas se determinó el valor del consumo de energía eléctrica promedio obtenido durante el Plan de Encuesta del PERS-Norte de Santander (para los últimos 6 meses). A partir de ello, se compararon con lo obtenido a través de información secundaria.

### 5.2.2. Consumo básico de subsistencia y eficiente para el sector residencial.

De la Figura 44 se puede resaltar que los municipios de Tibú, Abrego, Mutiscua, Silos y Cacota poseen el menor consumo básico de subsistencia 0,1 kW·h/mes; los municipios que le siguen son San Cayetano, Lourdes, Santiago, El Zulia, Cáchira, Chitagá y Acarí, con un consumo notablemente menor en comparación con los demás municipios. Adicionalmente, se observa que los municipios que poseen mayor consumo de subsistencia de forma ascendente son Herrán, La Esperanza y Arboledas respectivamente.

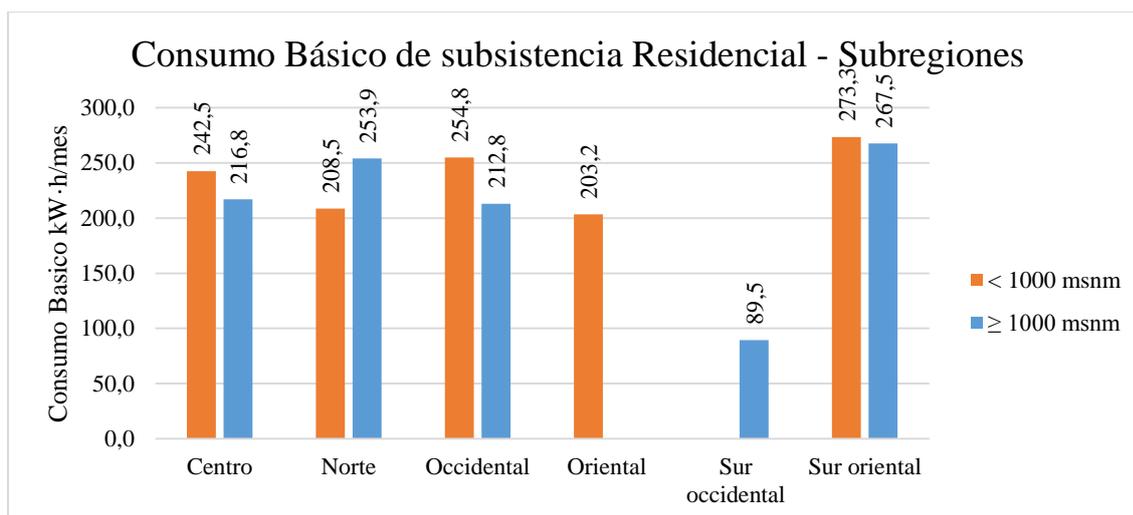
**Figura 44.** Consumo básico de subsistencia Residencial por Municipios-Sin depurar



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

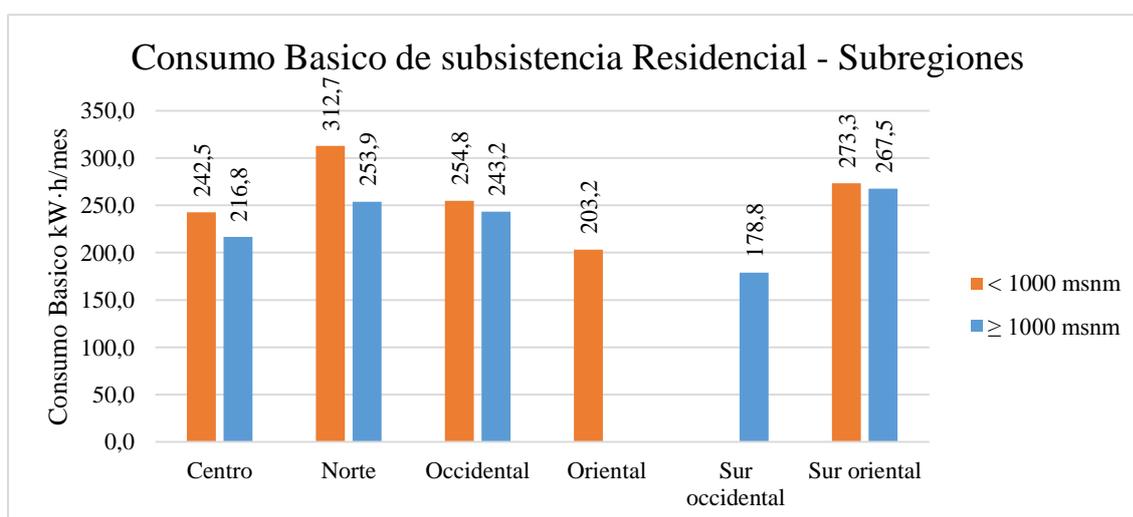
Teniendo en cuenta lo que se observaba en la Figura 44 con respecto a los municipios con consumo de 0,1 kW·h/mes, se realizaron la Figura 45 y Figura 46, la primera con estos datos y la segunda quitando estos datos.

**Figura 45.** Consumo básico de subsistencia Residencial por Subregiones-Sin depurar



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

**Figura 46.** Consumo básico de subsistencia Residencial por Subregiones – Depurado



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la Figura 45 y Figura 46 se pudo observar que la región que obtuvo un mayor impacto con estos cambios fue la subregión norte y la subregión sur occidental y en menor medida la subregión occidental. En la Figura 46 la subregión con menor y mayor consumo básico de subsistencia en su zona inferior a los 1000 msnm fue la subregión oriental y la norte respectivamente. Ahora la subregión con menor y mayor consumo básico de subsistencia en su espacio mayor o igual a los 1000 msnm son la subregión sur occidental y sur oriental.

Según los datos obtenidos el departamento de Norte de Santander para el sector residencial posee un consumo básico de subsistencia en promedio de 238,5 kW·h/mes para altitudes menores a 1000 msnm y 236,4 kW·h/mes para altitudes iguales o superiores.

#### 5.2.2.1. *Consumo básico de subsistencia residencial promedio por subregión.*

Para consolidar el consumo básico de subsistencia residencial promedio, por subregión, se tomó en cuenta el Factor de Expansión (FEX) de cada subregión para estimar el consumo total y el valor promedio del CBS para estas. Los resultados se muestran en la

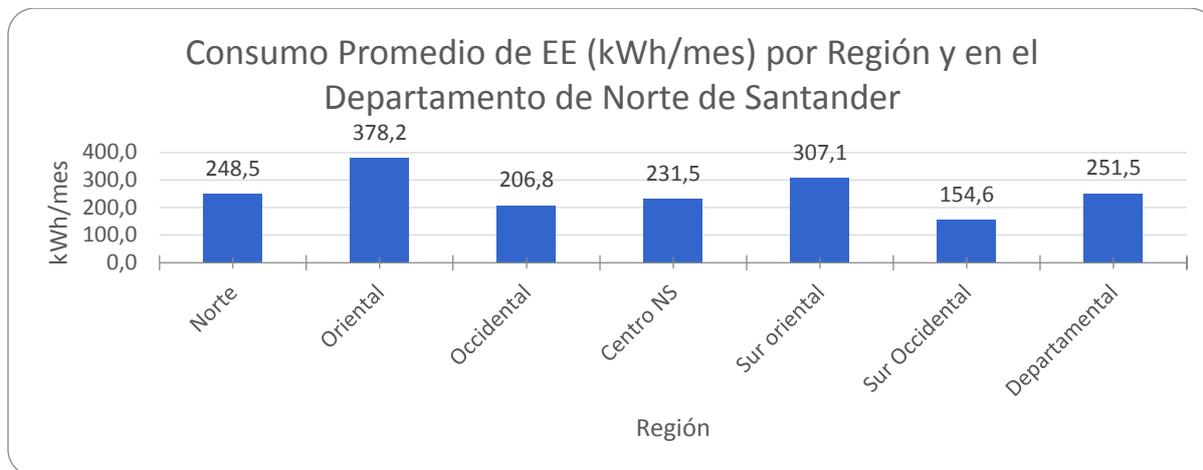
Tabla 20.

**Tabla 20.** Consumo Básico de Subsistencia Residencial (promedio) por subregión

<b>Subregión</b>	<b>Encuestas</b>	<b>FEX</b>	<b>Población</b>	<b>CBS Encuestas (kWh/mes)</b>	<b>CBS promedio (kWh/mes)</b>
Centro	372	22,2	8244	100016,3	231,5
Norte	156	54,7	8530	44937,1	248,5
Occidental	322	85,3	27460	89861,8	206,8
Oriental	374	27,1	10143	84284,5	378,2
Sur occidental	229	18,6	4259	28459,5	154,6
Sur oriental	364	29,8	10836	94827,5	307,1
<b>Total</b>	1817	39,8	69472	442386,6	251,5

A continuación, en la Figura 47, se comparan los resultados obtenidos.

**Figura 47.** Consumo Básico de Subsistencia, promedio departamental y por subregión

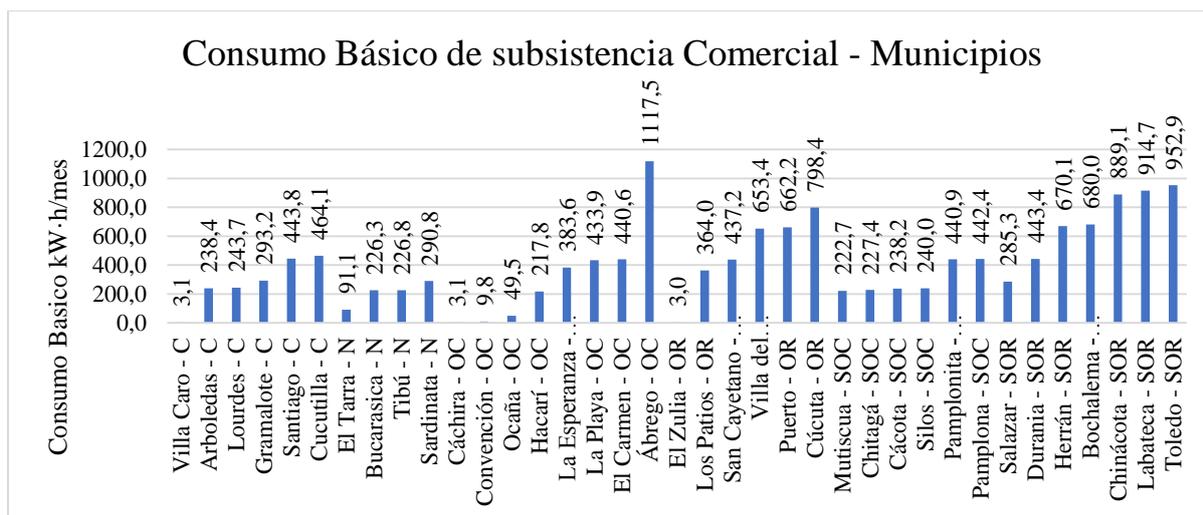


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.2.3. Consumo básico y eficiente para los sectores comercial y otros.

**Consumo básico de subsistencia comercial.** En la Figura 48 se puede observar que en el sector comercial hay municipios con consumos básicos de subsistencia notablemente bajos en comparación con los demás, dichos de forma ascendente estos son El Zulia, Villa Caro, Cáchira, Convención, Ocaña y El Tarra; cabe resaltar estos municipios, puesto cada uno posee menos del 9% del consumo básico de subsistencia del municipio con mayor índice en este sector que es Abrego con 1117,5 kW·h/mes.

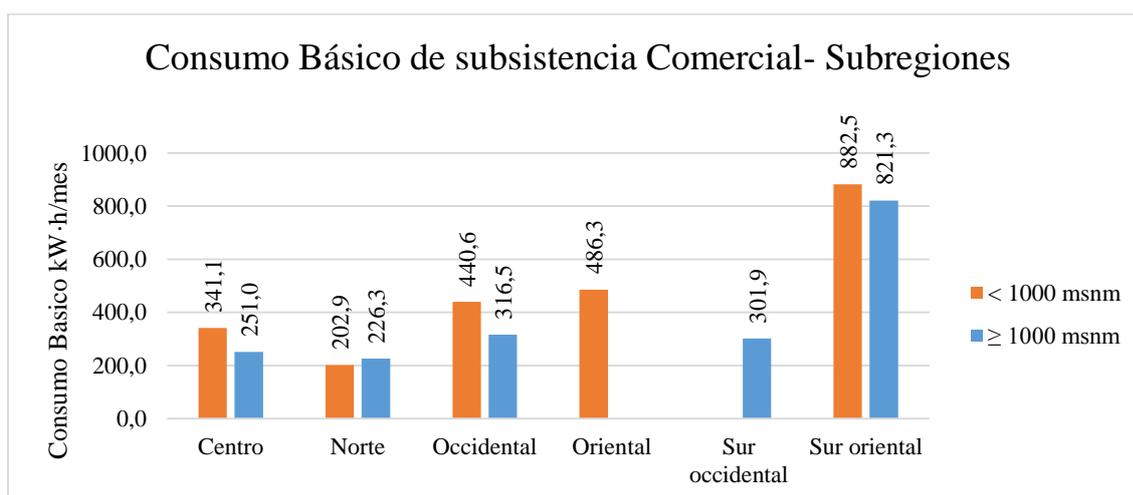
**Figura 48.** Consumo básico de subsistencia comercial por municipios



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 49 se observa que la subregión sur oriental posee el mayor consumo básico de subsistencia en las dos zonas superior e inferior a 1000 msnm. También se encuentra una coincidencia similar con la subregión norte que posee el menor consumo básico de subsistencia en los dos rangos de altitud superior e inferior a 1000 msnm.

**Figura 49.** Consumo básico de subsistencia comercial por subregiones

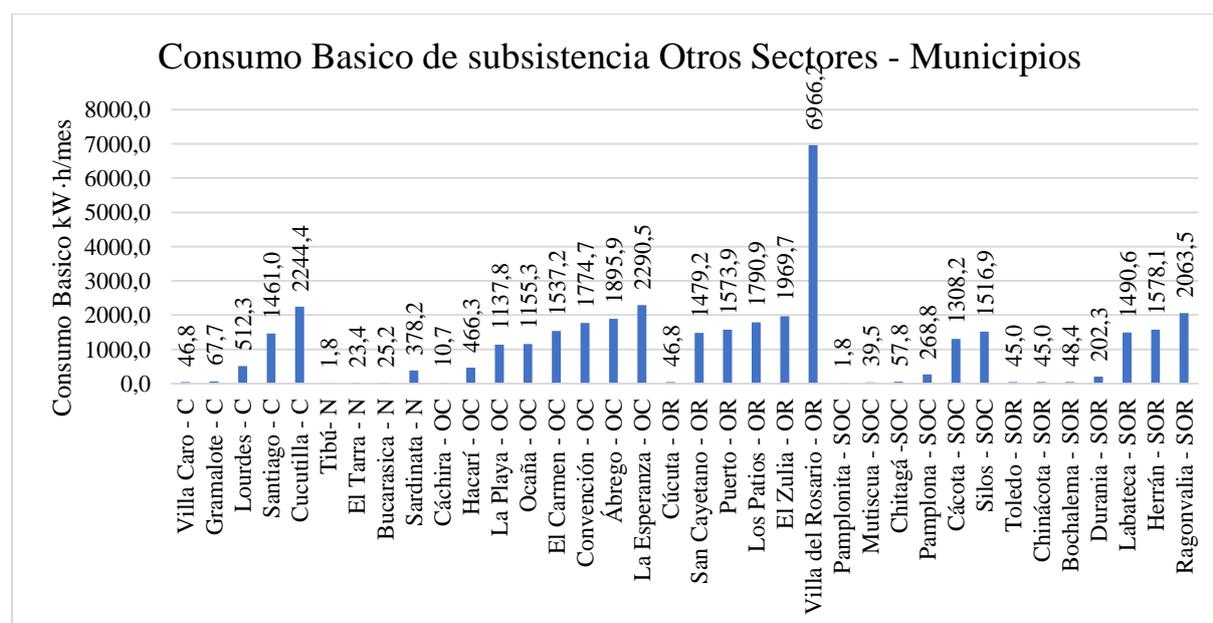


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con la información que se obtuvo se puede inferir que el departamento de Norte de Santander en el sector comercial posee un consumo básico de subsistencia en promedio de 426,7 kW·h/mes para altitudes menores a 1000 msnm y 407,1 kW·h/mes para altitudes iguales o superiores a 1000 msnm.

**Consumo básico de subsistencia otros sectores.** En la Figura 50 se puede observar que el valor de consumo básico de subsistencia que posee el municipio de Villa del Rosario es demasiado grande en comparación a los demás, su valor es más del triple que La Esperanza que es el siguiente municipio con mayor consumo básico de subsistencia. En cuanto a los municipios con menor consumo básico de subsistencia ordenados de forma ascendente son: Tibú, Pamplonita, Cáchira, El Tarra, Bucarasica, Mutiscua, Toledo, Chinácota, Villa Caro, Cúcuta, Bochalema, Chitagá y Gramalote, los cuales cada uno posee un consumo inferior al 30% del consumo del municipio de La Esperanza.

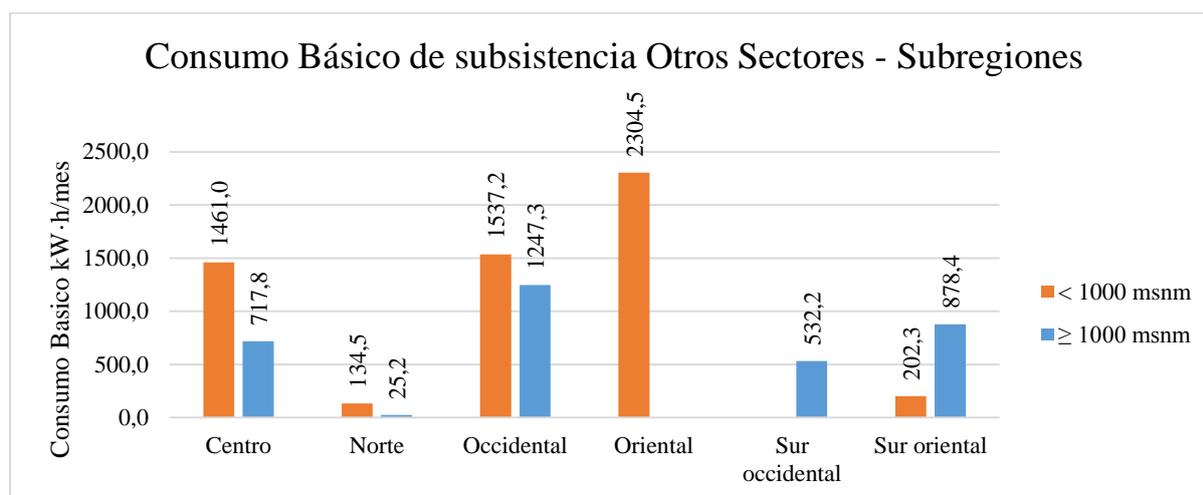
**Figura 50.** Consumo básico de subsistencia otros sectores por municipios



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para la Figura 51 se puede destacar el elevado consumo de la subregión oriental en la zona menor a los 1000 msnm debido al consumo del municipio de Villa del Rosario. También se puede apreciar que la subregión occidental posee el mayor consumo básico de subsistencia en sus dos rangos de altitud y la subregión tiene el menor en sus dos secciones igualmente.

**Figura 51.** Consumo básico de subsistencia otros sectores por subregiones



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Por último, según los datos obtenidos el departamento de Norte de Santander para otros sectores posee un consumo básico de subsistencia en promedio de 1452,5 kWh/mes para altitudes menores a 1000 msnm y 837,1 kWh/mes para altitudes iguales o superiores.

### 5.3. Diagnóstico energético residencial de Norte de Santander

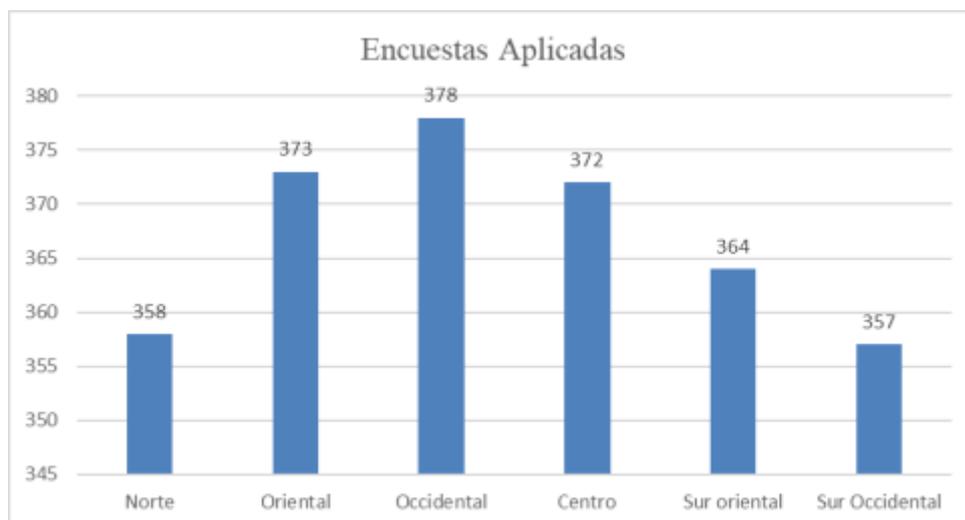
En esta sección se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico energético del departamento, para esto se tomó como base la información obtenida en la fase de encuesta del PERS Norte de Santander. Esta información fue sistematizada y procesada para determinar el consumo de energía eléctrica, gas, leña y otros combustibles. Este análisis parte de las

unidades primarias de muestreo (viviendas) y continúa con el consumo de energía por fuente y uso.

### 5.3.1. Análisis de las unidades primarias de muestreo.

Para el diagnóstico energético residencial se diseñó un marco muestral con un total de 2202 encuestas que fueron aplicadas en las zonas rurales. En la Figura 52 se muestra la distribución de encuestas para las seis (6) subregiones del departamento, la subregión con mayor número de encuestas fue la Occidental con 378 y las subregiones Norte y Sur Occidental tuvieron la menor cantidad con 358 y 357 respectivamente.

**Figura 52.** Encuestas aplicadas por subregión-Diagnóstico energético



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

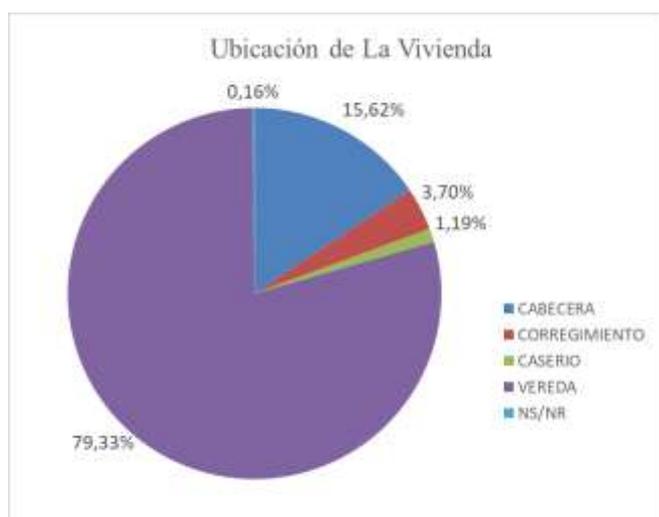
En la Tabla 21 se compara la muestra (que corresponde al número de encuestas aplicadas) contra el Factor de Expansión (FEX), que representa la relación entre la población objeto en cada subregión y la muestra representativa obtenida.

**Tabla 21.** Factores de Expansión por subregión

<b>Región</b>	<b>Encuestas</b>	<b>Población</b>	<b>FEX</b>
Norte	358	19520	54,68
Oriental	373	10116	27,12
Occidental	378	32152	85,28
Centro	372	8242	22,16
Sur Oriental	364	10836	29,77
Sur Occidental	357	6640	18,60
<b>Total</b>	<b>2202</b>	<b>87506</b>	<b>39,78</b>

Los FEX de cada subregión permiten estimar los consumos energéticos de la población de estudio, toda vez que la muestra seleccionada es representativa estadísticamente y permite obtener generalizaciones de ésta.

Para obtener la ubicación de las viviendas en las zonas rurales se aplicó el FEX de cada subregión, obteniéndose que el 79,33% de la población rural se encuentra en veredas, el 15,62% se ubican en cabeceras municipales, el 3,70% en corregimientos y solo el 1,19% en caseríos tal como lo muestra Figura 53.

**Figura 53.** Ubicación de las viviendas rurales del departamento

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

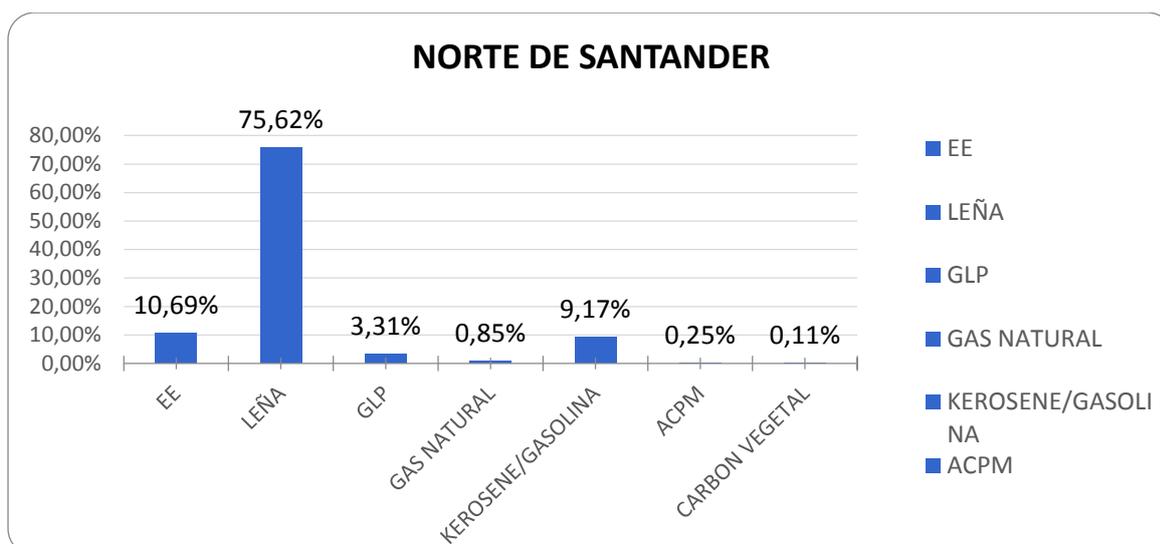
Lo anterior implica que cerca de 70.000 hogares de las zonas rurales se encuentran en zonas veredales del departamento; mientras que, 13.690 hogares se encuentran en cabeceras municipales. El alto porcentaje de viviendas ubicadas en veredas permite inferir que los hogares rurales se encuentran dispersos de los cascos urbanos de sus respectivos municipios, lo cual limita el acceso a servicios públicos.

### **5.3.2. Demanda energética por fuente.**

En esta subsección se aborda la demanda energética por fuente, para ello se analiza de modo general el consumo de energía por tipo de fuente para el departamento, el porcentaje de participación en el consumo departamental por parte de cada subregión y el consumo por fuente de cada una de estas.

En la Figura 54 se muestra el consumo de energía por tipo de fuente a nivel departamental; en esta se observa que el 75,62% de la energía consumida en las zonas rurales se obtiene mediante Leña, seguida de la Energía Eléctrica con el 10,69% y el Kerosene/Gasolina con 9,17%. En este sentido, el consumo total de energía en las zonas rurales del departamento es de 19.577,29 GJ/día, lo cual corresponde a un consumo de leña de 14.805 GJ/día.

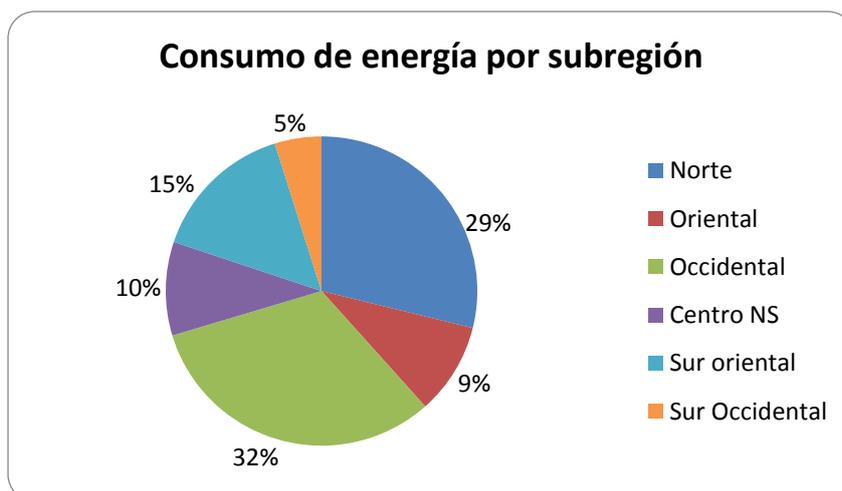
**Figura 54.** Consumo de energía por fuente a nivel departamental



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

La Figura 55 se presenta el consumo de energía por subregión, al analizar la participación de cada subregión se obtiene que las subregiones Occidental con 32% y Norte con 29%. La subregión con el menor porcentaje es las Suroccidental con 5%.

**Figura 55.** Consumo de energía departamental por subregión

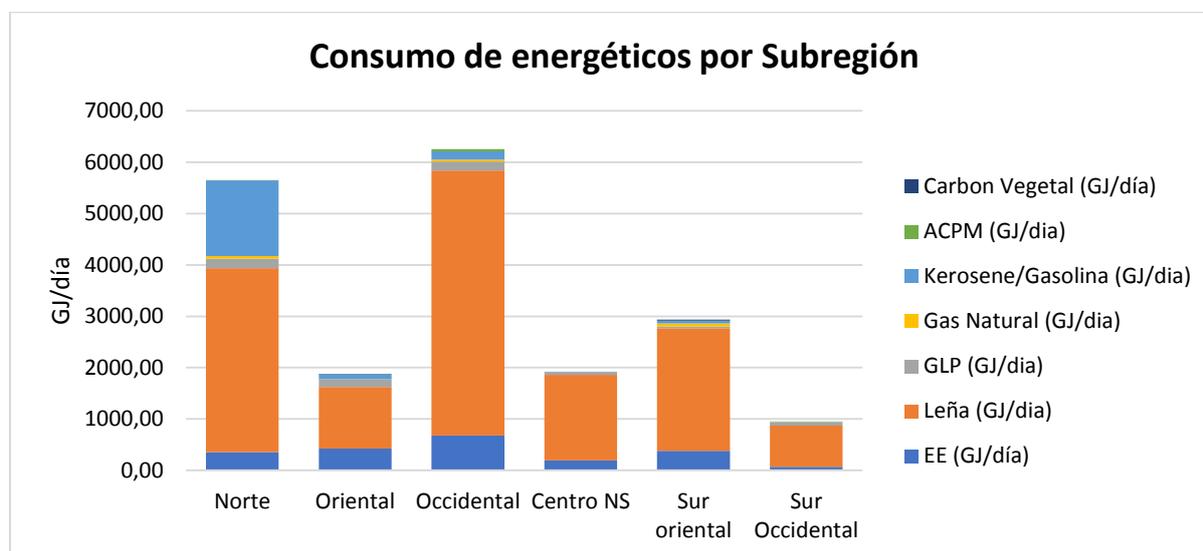


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Ahora bien, para caracterizar el consumo de energía en cada subregión se determinó que tipo de energéticos son consumidos en cada una de estas. En la Figura 56 se muestra que el

mayor consumo de energéticos se da en las subregiones Occidental y Norte con 6.253,72 GJ/día y 5.646,24 GJ/día respectivamente.

**Figura 56.** Consumo de energéticos por subregión

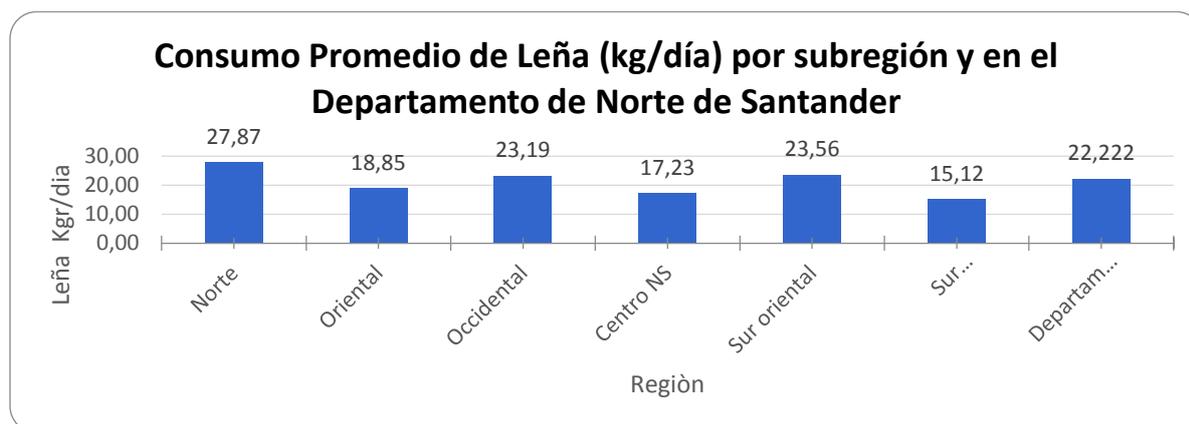


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para todas las subregiones se observa que el consumo energía mediante leña es el de mayor participación, seguido de la energía eléctrica a excepción de la subregión Norte donde el consumo de kerosene/gasolina ocupa el segundo lugar.

### 5.3.2.1. Leña.

Para determinar el consumo de leña en zonas rurales del departamento, se preguntó a los encuestados acerca de la cantidad de kilogramos de leña que consumían al día. La *Figura 57* muestra los resultados por subregión, obteniéndose un consumo promedio de leña departamental de 22,222 kg/día por vivienda.

**Figura 57.** Consumo de leña en viviendas por subregión

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 57 se observa que las subregiones Norte y Suroriental cuentan con el mayor consumo de leña al día por vivienda, con 27,87 kg/día y 23,56 kg/día, respectivamente. Estas dos subregiones cuentan con un consumo promedio superior a la media departamental.

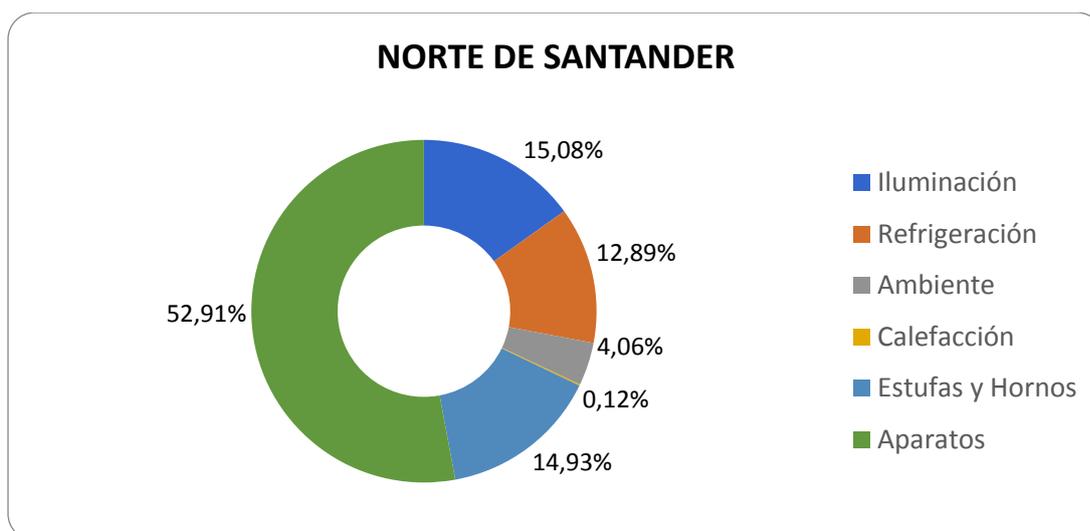
Además, las subregiones Suroccidental y Centro cuentan con el menor consumo de leña al día por vivienda, con 15,12 kg/día y 17,23 kg/día, respectivamente.

### 5.3.2.2. *Energía Eléctrica*

El consumo de energía eléctrica en zonas rurales representa el 10,69% del consumo departamental lo que corresponde a 2.092,18 GJ/día o un consumo de 581.057,89 kWh/día.

El análisis del consumo de energía eléctrica, por subregión, se basó en el uso que se hace de ésta. La Figura 58 muestra que el uso de energía eléctrica en aparatos eléctricos representa el 52,91%, seguido de la iluminación con 15,08% y refrigeración con 14,93%.

**Figura 58.** Consumo de energía eléctrica por uso a nivel departamental

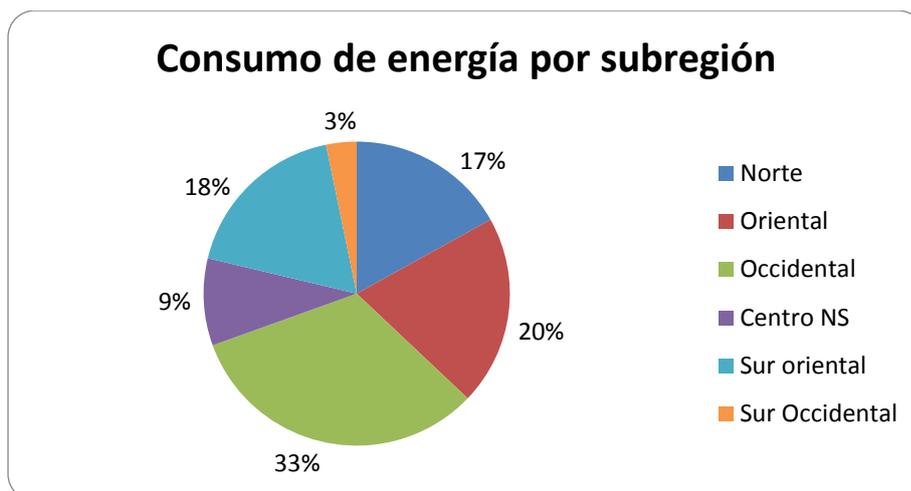


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la sección 5.3.3 *Análisis del consumo de energía eléctrica* se abordarán los usos de la energía eléctrica según la clasificación mostrada anteriormente y se profundizará la participación de cada una por subregión.

En la Figura 59 se presentan los resultados de la participación del consumo de energía eléctrica de cada subregión, con el propósito de determinar las subregiones con mayor consumo. En esta figura se observa que la subregión Occidental representa el mayor consumo con el 33%; en segundo lugar, la subregión Oriental con el 20% y en el tercer lugar, la Suroriental con el 18%.

**Figura 59.** Participación del consumo de Energía Eléctrica por subregión



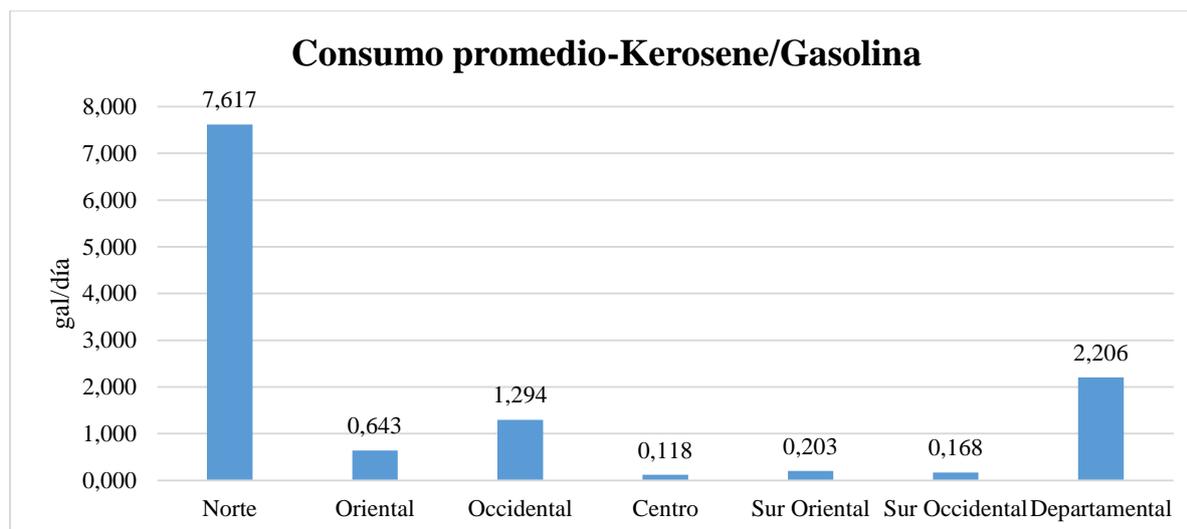
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Lo anterior implica que de los 2.092,18 GJ/día del consumo de energía eléctrica departamental, la subregión Occidental consume 677,41 GJ/día; mientras que las subregiones Oriental y Suroriental consumen, respectivamente, 422,28 GJ/día y 377,46 GJ/día.

### 5.3.2.3. *Kerosene/Gasolina.*

A continuación, se presentan los resultados del consumo promedio de kerosene/gasolina, en galones al día, por vivienda por subregión y a nivel departamental.

**Figura 60.** Consumo promedio de Kerosene/Gasolina por subregión



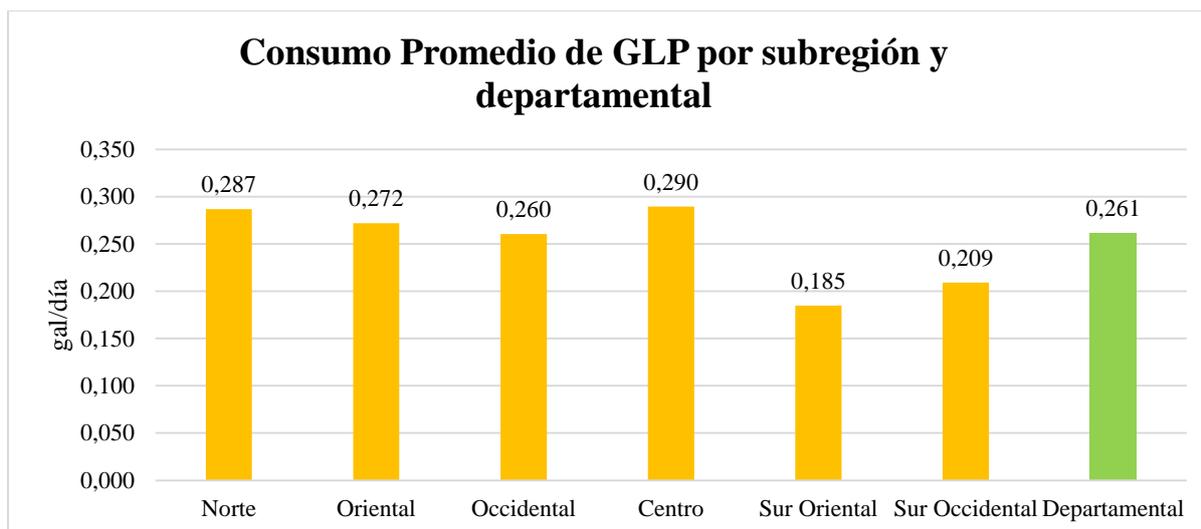
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

De la Figura 60, se observa que el promedio departamental es de 2,206 gal/día por vivienda y que la subregión con el mayor consumo de kerosene/gasolina es la Norte con 7,617 gal/día por vivienda; seguidamente, en la subregión Occidental el promedio de consumo alcanza los 1,294 gal/día. Para las demás subregiones no se supera un consumo promedio de 1 gal/día por vivienda.

#### 5.3.2.4. Gas Licuado de Petróleo (GLP).

En esta sección se presentará el consumo promedio de Gas Licuado de Petróleo (GLP) por subregión y a nivel departamental. Mediante el análisis de encuestas se obtuvo que el promedio de consumo departamental es de 0,261 gal/día por vivienda (ver Figura 61)

**Figura 61.** Consumo promedio de GLP por subregión



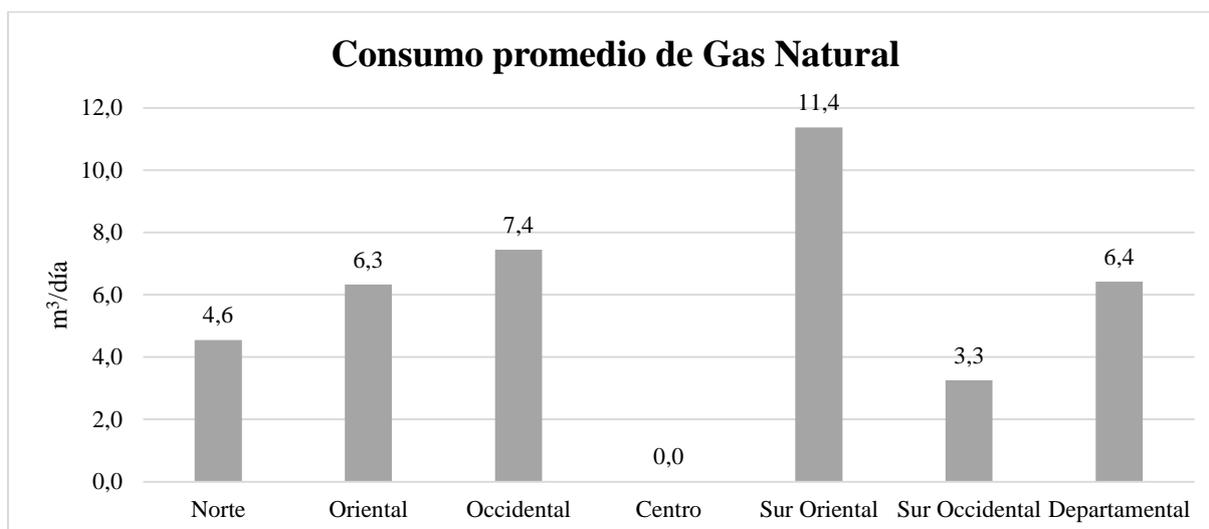
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 61 se observa que el consumo promedio de GLP no varía drásticamente entre las subregiones. Las subregiones con mayor consumo son la Centro con 0,209 gal/día y la Norte con 0,287 gal/día, por vivienda, y la de menor consumo es la Suroriental con 0,185 gal/día por vivienda.

### 5.3.2.5. Gas natural, ACPM y Carbón Vegetal.

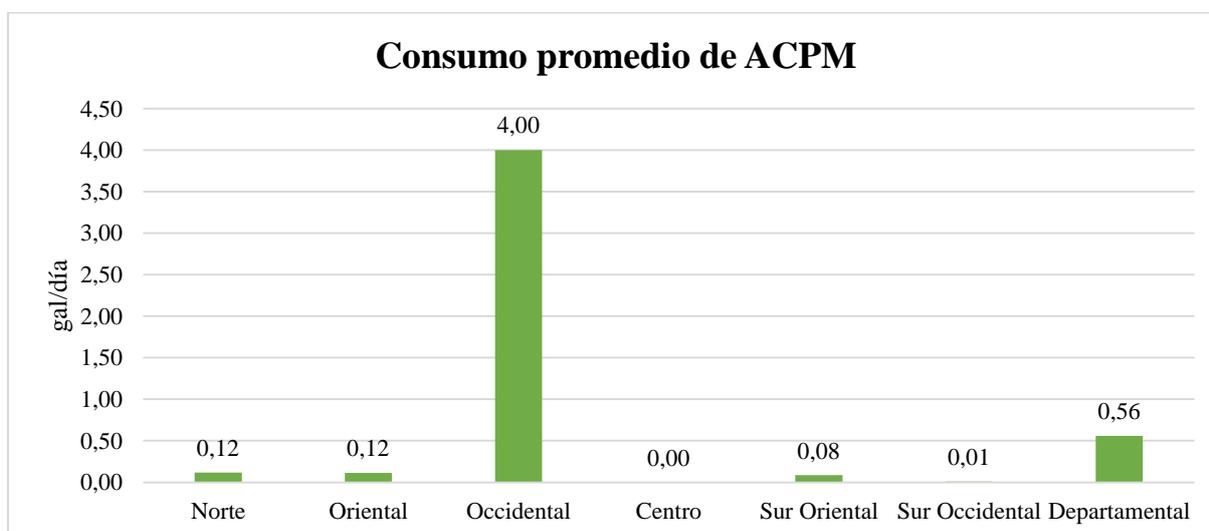
A continuación, se analizan de forma individual el consumo de Gas Natural, Petrodiésel (ACPM) y Carbón vegetal. En cada análisis se comparan los consumos promedio departamental y por subregión.

La Figura 62 muestra el consumo promedio de gas natural a nivel departamental y por subregión, para cada vivienda. Se obtuvo que el consumo promedio departamental es de 6,4 m<sup>3</sup>/día por vivienda. Por otro lado, la subregión con el mayor consumo es la Suroriental con 11,4 m<sup>3</sup>/día, seguida de la Occidental con 7,8 m<sup>3</sup>/día y la Oriental con m<sup>3</sup>/día. Además, no se encontró consumo de gas natural en la subregión Centro.

**Figura 62.** Consumo promedio de gas natural por vivienda

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

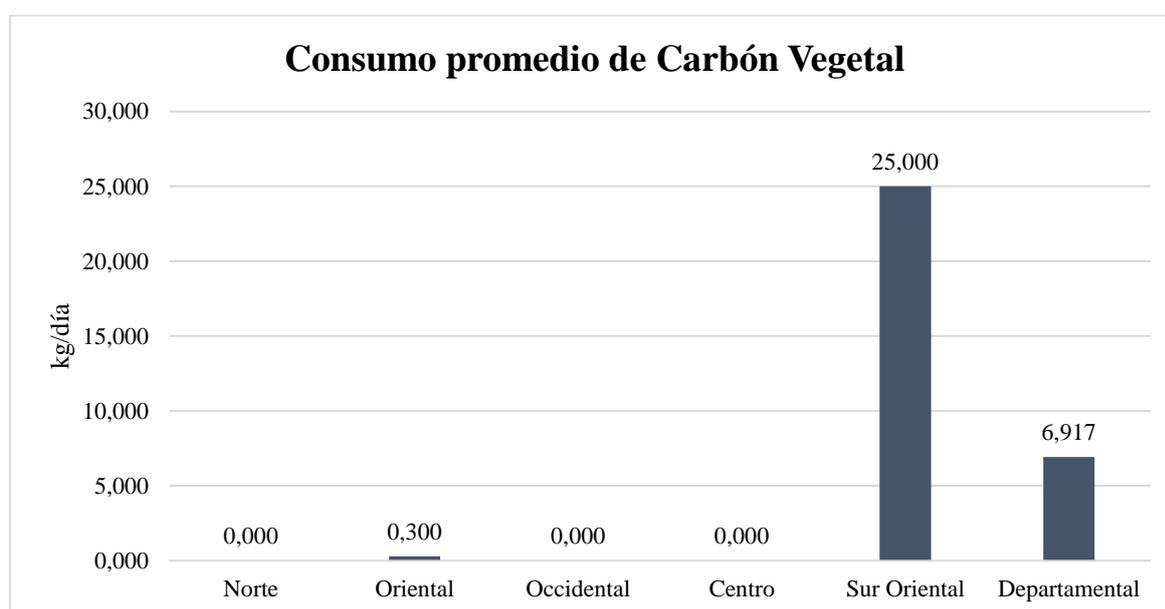
La Figura 63 muestra que el consumo promedio de ACPM a nivel departamental es de 0,56 gal/día por vivienda. Asimismo, se obtuvo que la región Occidental presenta el mayor consumo ACPM de todo el departamento, con un promedio de 4 gal/día por vivienda. El valor del consumo promedio de esta subregión es casi 40 veces el de cualquiera de las otras subregiones.

**Figura 63.** Consumo promedio de ACPM

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con respecto al consumo de carbón vegetal (ver Figura 64), se obtuvo que el consumo promedio del departamento es de 6,917 kg/día por vivienda, siendo la subregión Suroriental la de mayor consumo con 25 kg/día y, en segundo lugar, la subregión Oriental con 300 g/día. Además, el consumo en otras subregiones es despreciable.

**Figura 64.** Consumo promedio de carbón vegetal



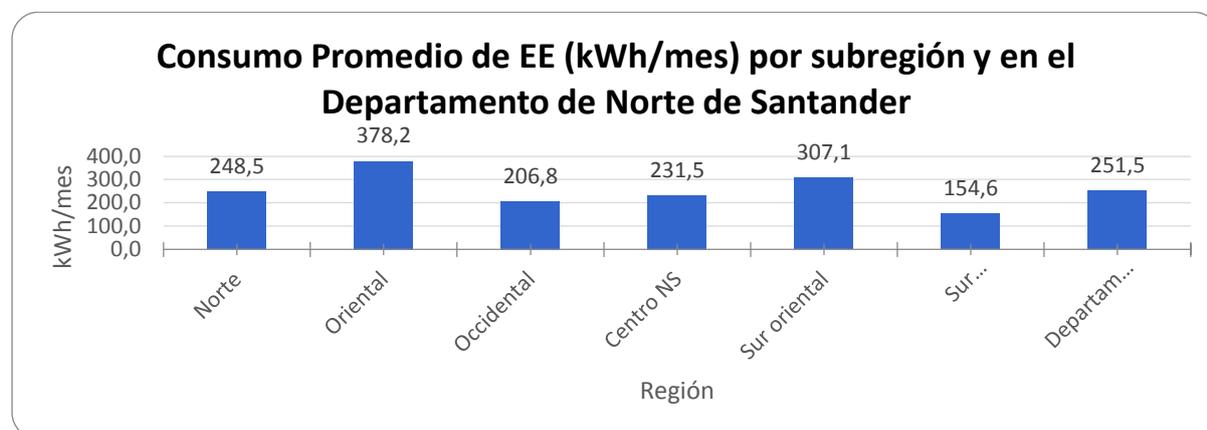
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.3. Análisis del consumo de energía eléctrica por uso.

Para determinar el consumo de energía eléctrica de las zonas rurales del departamento, se tomaron en cuenta los diferentes usos que se hacen de ésta con base en las necesidades de los usuarios. La Figura 65 muestra el consumo promedio de energía eléctrica a nivel departamental y por subregión, se obtuvo que el promedio departamental es de 251,5 kWh/mes y que las subregiones con el mayor consumo son la Oriental con 378,2 kWh/mes,

la Suroriental con 307,1 kWh/mes y la Norte con 248,5 kWh/mes. La subregión con el menor consumo es la Suroccidental con 154,6 kWh/mes.

**Figura 65.** Consumo promedio de energía eléctrica en zonas rurales



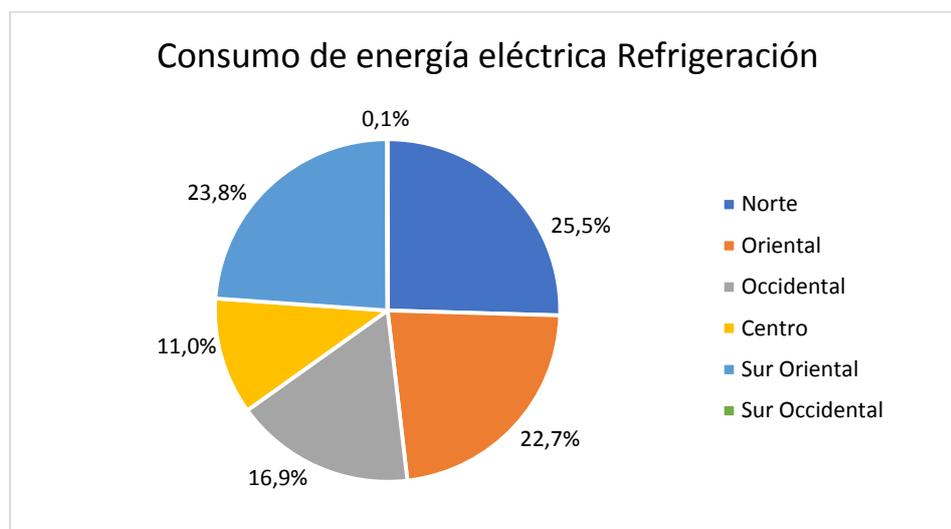
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Lo anterior implica que el consumo de energía eléctrica para Norte de Santander, en zonas rurales, es superior al consumo básico de subsistencia establecido por la CREG.

Con respecto al uso que hace de la energía eléctrica, en las siguientes subsecciones se abordará la participación de los siguientes usos: refrigeración, iluminación, aparatos electrodomésticos, calefacción, ambiente y cocción.

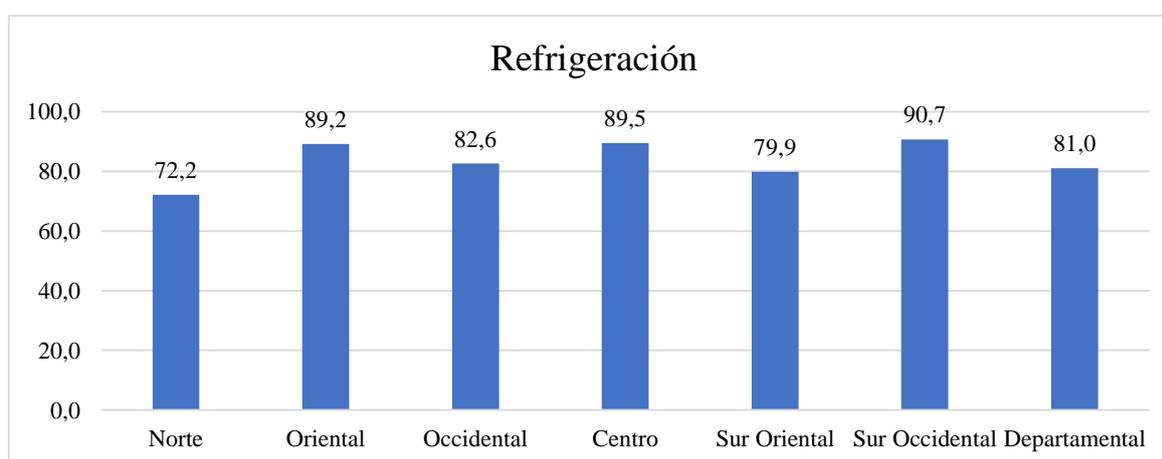
### 5.3.3.1. Refrigeración.

Al analizar la participación de cada subregión en el consumo de energía eléctrica para refrigeración, se observa Figura 66 que el 25,5% del consumo se da en la Norte, seguida de la Oriental con 22,7% y Suroriental con 23,8%.

**Figura 66.** Uso de E.E. para Refrigeración

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 67 se muestran que el valor promedio del departamento es 81 kWh/mes; contando con la subregión Suroccidental con el mayor consumo con 90,7 kWh/mes, seguida de la Centro con 89,5 kWh/mes y con el menor consumo la Norte con 72,2 kWh/mes.

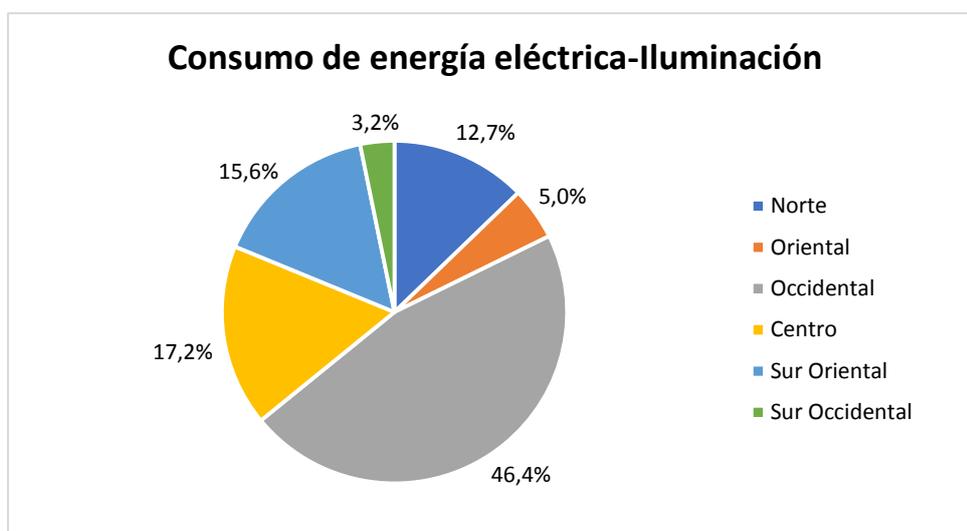
**Figura 67.** Consumo promedio de E.E. para Refrigeración por subregión

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.3.2. Iluminación.

La participación de cada subregión en el consumo de energía eléctrica para iluminación se muestra en la Figura 68. En esta se observa que la subregión Occidental representa el 46,4% del consumo, seguida de las subregiones Centro con 17,2% y Suroriental con 15,6% de participación.

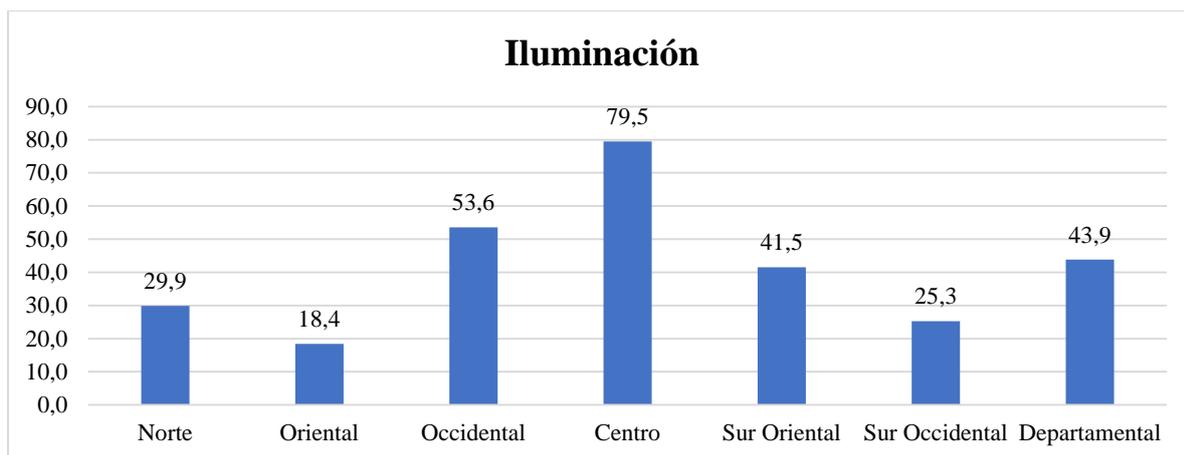
**Figura 68.** Uso de E.E. para iluminación.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con respecto al consumo promedio por subregión, la de mayor consumo es la Centro con 79,5 kWh/mes, secundada por la Occidental con 53,6 kWh/mes. Finalmente, se obtiene que el consumo promedio a nivel departamental es de 43,9 kWh/mes.

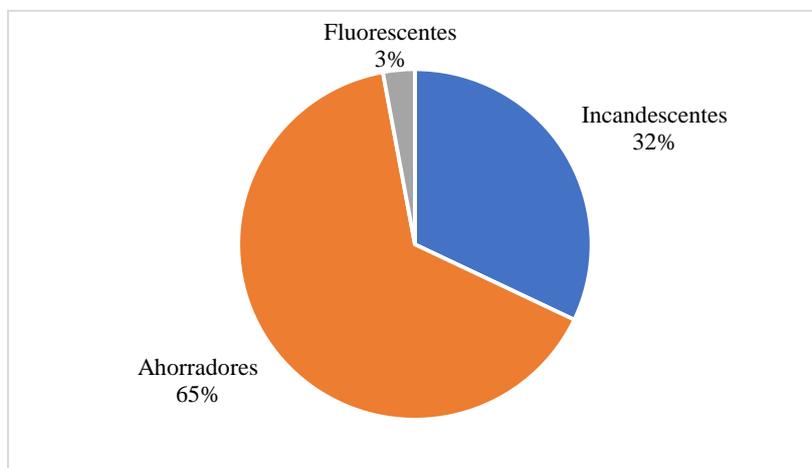
**Figura 69.** Consumo promedio de E.E. en iluminación por subregión



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con respecto al tipo de bombillas utilizadas, a nivel departamental, el 65% señaló que usa ahorradores, el 32% utiliza bombillas incandescentes y el 3% fluorescentes, esto se muestra en la Figura 70.

**Figura 70.** Tipo de bombilla utilizada-Departamental

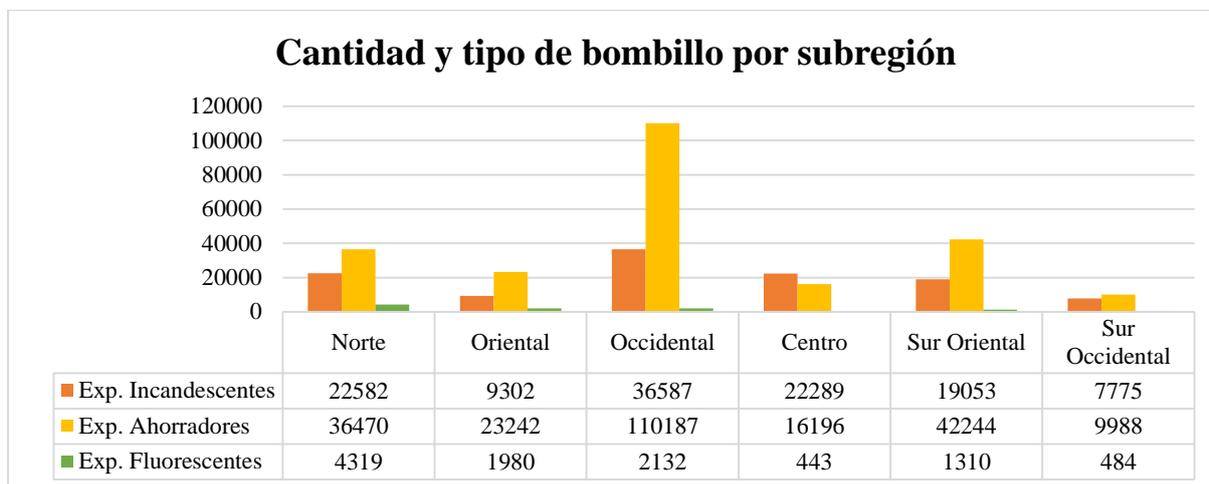


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al analizar la cantidad y tipo de iluminación por subregión (ver Figura 71), se obtiene que la Occidental presenta la mayor cantidad de bombillas ahorradoras e incandescentes, con 110.187 y 36.587, respectivamente. Seguidas de ésta, las subregiones Suroriental y Norte

ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente. Por otro lado, la subregión con el mayor número de fluorescentes es la Norte con 4319.

**Figura 71.** Cantidad y tipo de bombilla por subregión

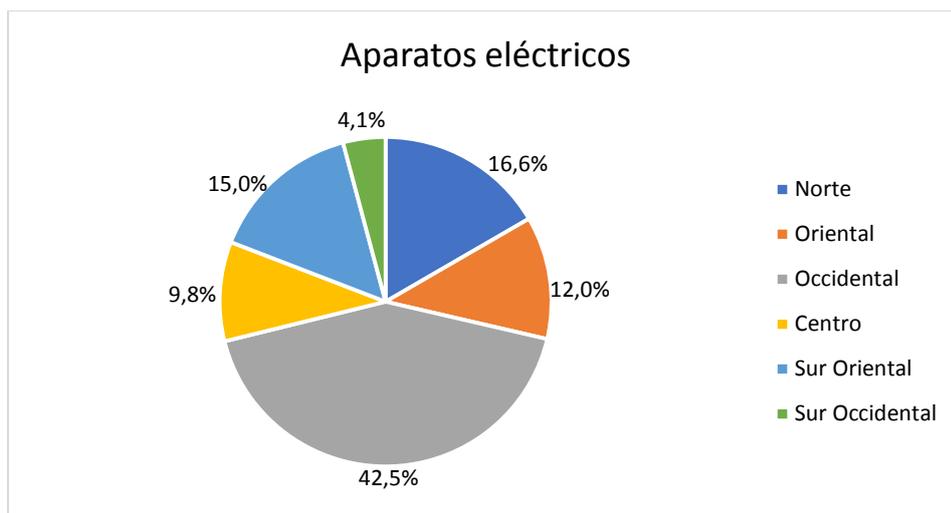


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.3.3. *Aparatos eléctricos.*

El análisis del consumo de energía eléctrica en aparatos eléctricos arrojó que el 42,5% de este se concentra en la subregión Occidental, secundado por la subregión Norte con el 16,6%. La subregión con la menor participación fue la Suroccidental con solo el 4% (ver Figura 72).

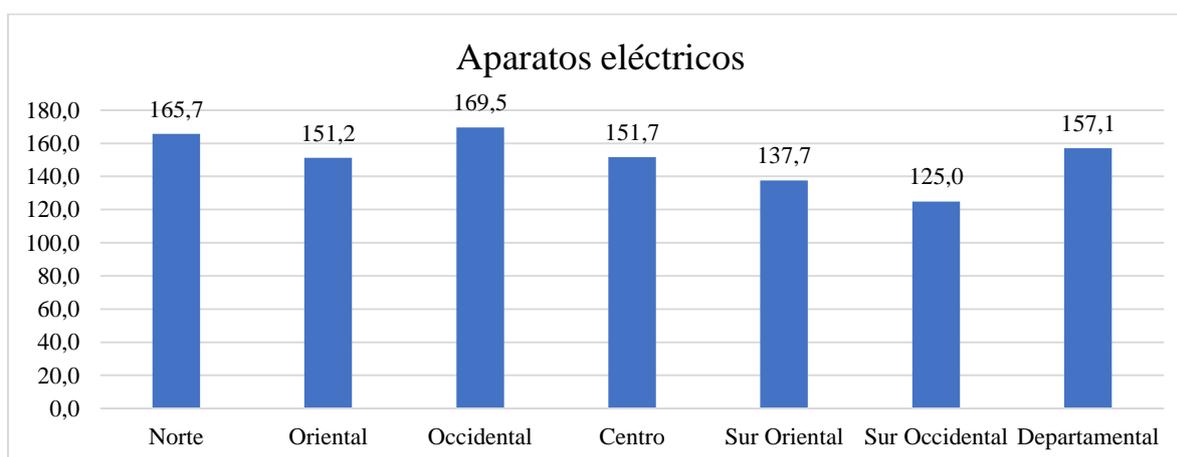
**Figura 72.** Uso de E.E. en aparatos eléctricos



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al analizar el consumo promedio por subregión (Figura 73), se obtuvo que el valor promedio departamental por vivienda es de 157,1 kWh/mes. Con respecto a las subregiones, las subregiones Norte y Occidental presentaron el mayor consumo con sumo con 165,7 kWh/mes y 169,5 kWh/mes.

**Figura 73.** Consumo promedio de E.E. en aparatos eléctricos por subregión



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

#### 5.3.3.4. Calefacción.

El 84,7% del consumo de energía eléctrica se concentra en la subregión Suroriental, mientras que el otro 15,3% se reparte de forma aproximadamente equitativa entre las subregiones Norte, Oriental, Centro y Suroccidental. Además, la participación de la subregión Occidental es despreciable (ver Figura 74).

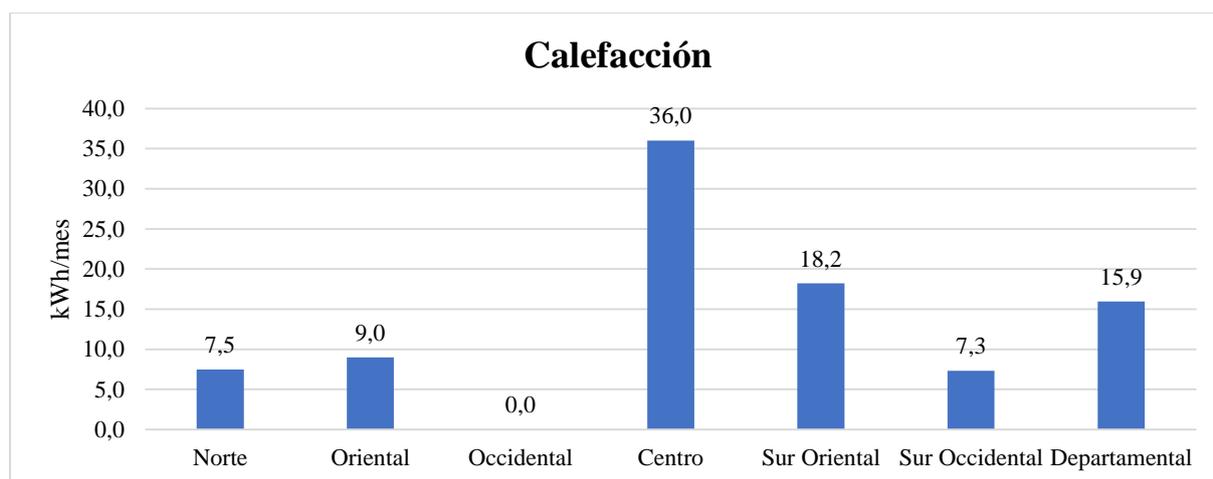
**Figura 74.** Uso de E.E. en calefacción



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

El análisis por subregión arrojó que el consumo promedio departamental es de 15,9 kWh/mes; mientras que, la subregión Centro cuenta con el valor promedio más elevado con 36 kWh/mes y, por otro lado, la subregión Occidental tiene un consumo despreciable.

**Figura 75.** Consumo promedio de E.E. en calefacción por subregión

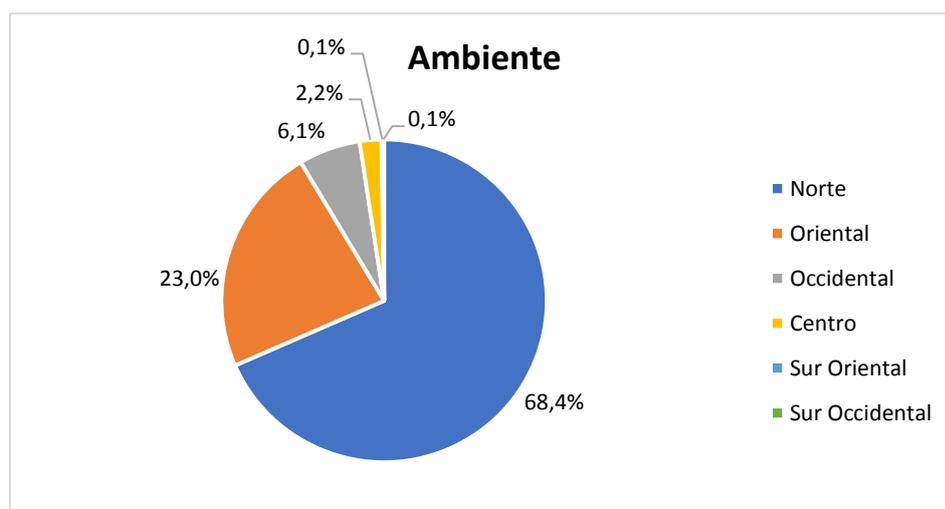


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.3.5. Ambiente.

Con respecto al consumo eléctrico en ambiente, el 68,4% se encuentra en la subregión Norte y el 23% en la subregión Oriental. La participación de las subregiones Suroriental y Suroccidental, como muestra la Figura 76 es del 0,1%.

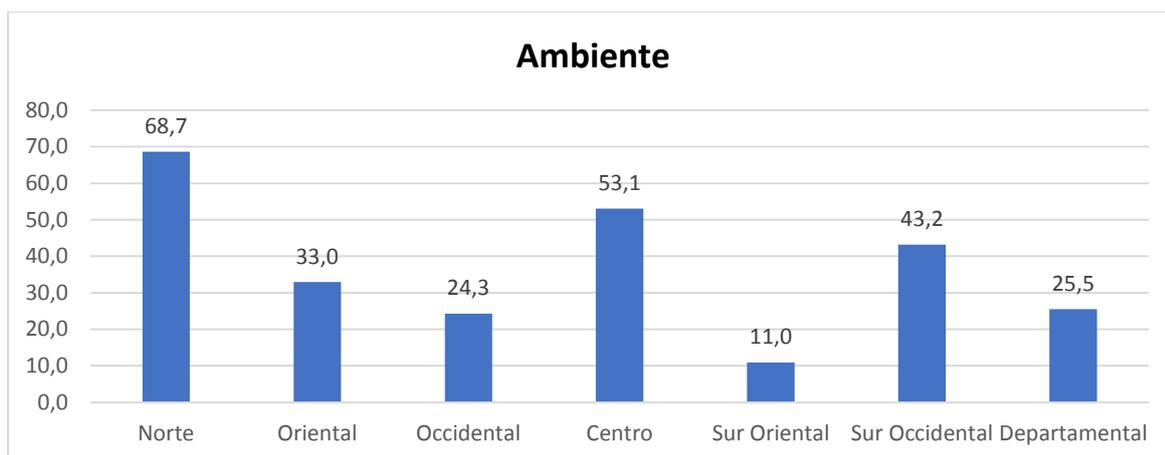
**Figura 76.** Uso de E.E. en ambiente



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Por otro lado, al analizar el consumo promedio por subregión se obtiene que la Centro obtuvo en promedio un consumo de 53,1 kWh/mes, seguida de la Suroccidental con 43,2 kWh/mes. A nivel departamental se obtuvo un valor de 25,5 kWh/mes (ver Figura 77).

**Figura 77.** Consumo promedio de E.E. en ambiente por subregión

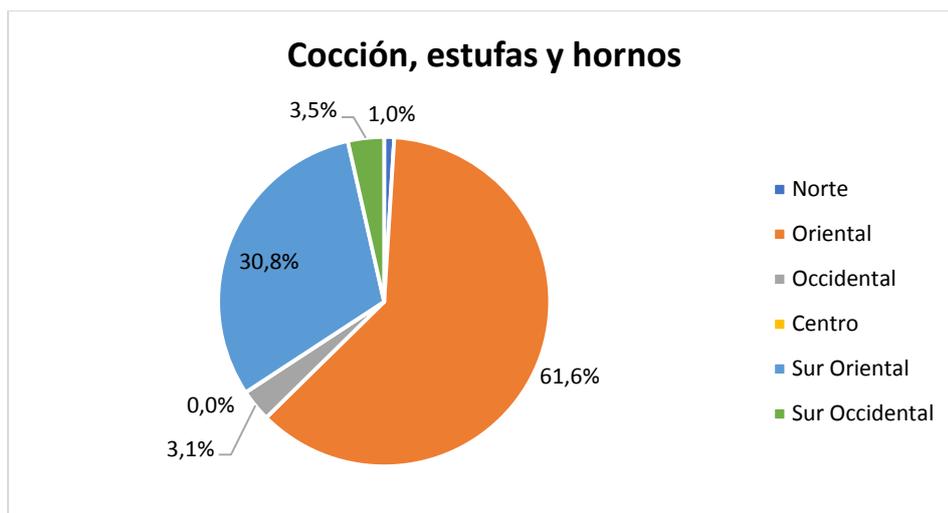


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.3.6. *Cocción.*

La cocción de alimentos mediante energía eléctrica a nivel departamental está representada de la siguiente manera (ver Figura 78): el 61,6% se concentra en la subregión Oriental y el 30,8% en la Suroriental. Con respecto a las subregiones Occidental es del 3,1% y la Centro del 0%.

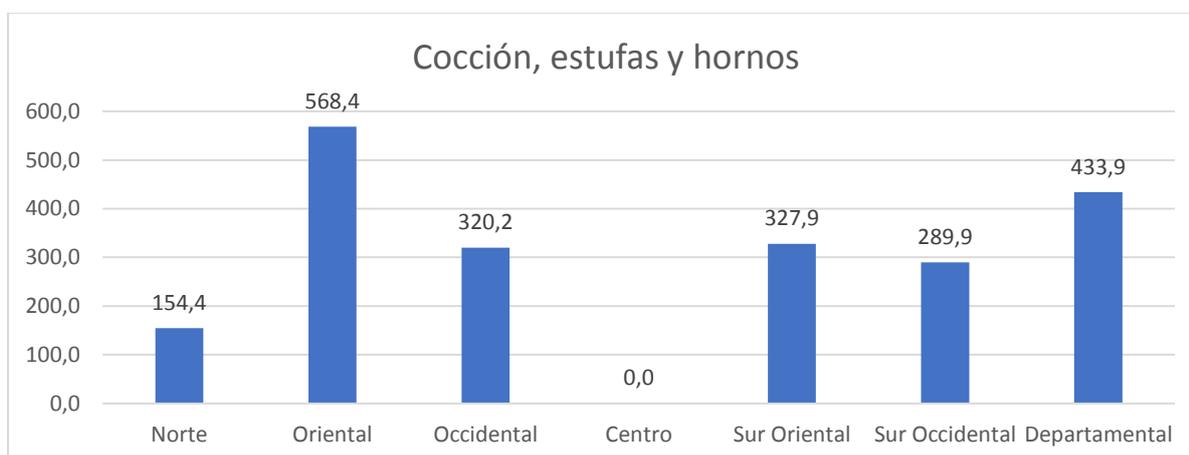
**Figura 78.** Uso de E.E. en cocción



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con respecto al consumo promedio por subregión, se obtuvo que el promedio departamental es de 433,9 kWh/mes, mientras que las subregiones Oriental, Suroriental y Suroccidental cuentan con valores entre 289,9 kWh/mes y 568,4 kWh/mes.

**Figura 79.** Consumo promedio de E.E. en cocción por subregión



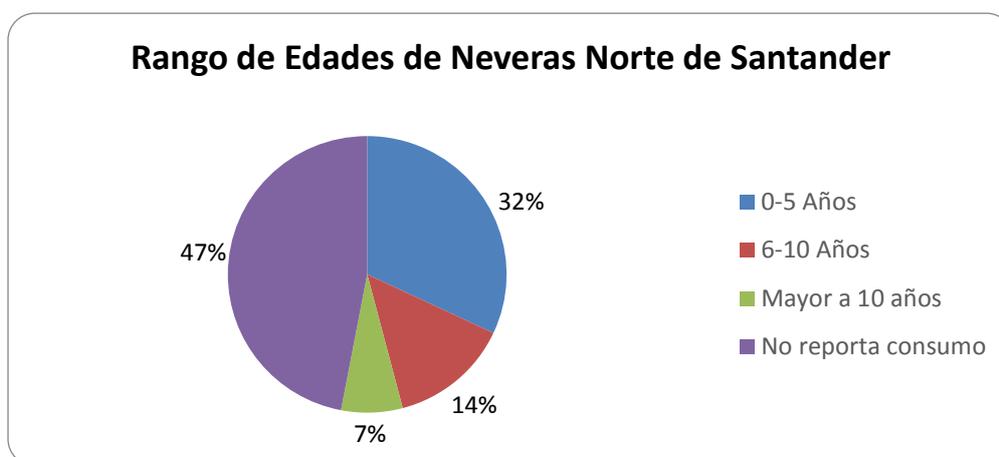
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.4. Medidas de uso racional de energía y eficiencia energética

### 5.3.4.1. Análisis de uso de energía en refrigeración.

Con base en los resultados de las encuestas, se encontró que el 47% de los encuestados no reporta consumo de energía eléctrica debido a neveras, mientras que el 32% reporta el uso de neveras entre 0 y 5 años, por otro lado, el 21% reporta más de 6 años de uso (ver Figura 80).

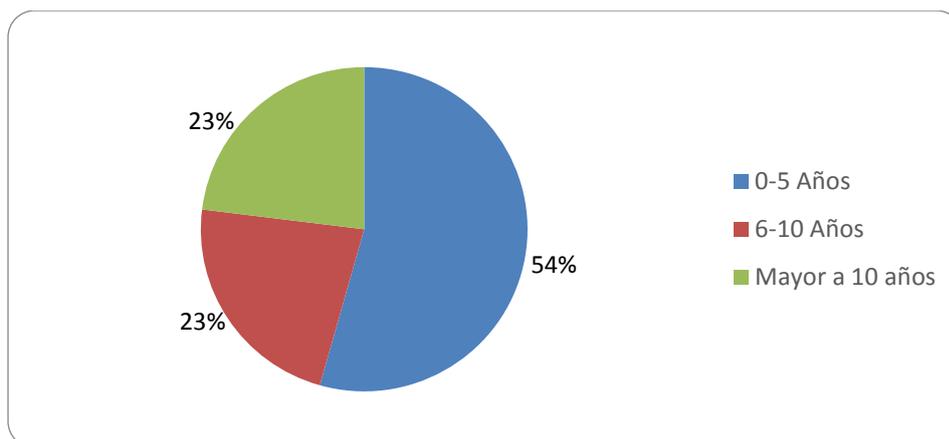
**Figura 80.** Uso de las neveras en las zonas rurales



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Ahora, con respecto a aquellos usuarios que reportaron el uso de neveras, el 54% de la electricidad consumida por estos equipos para refrigeración se debe a neveras de edad inferior a 5 años, y en valores iguales del 23% las neveras cuentan con edades entre 6 a 10 años o superiores (ver Figura 81)

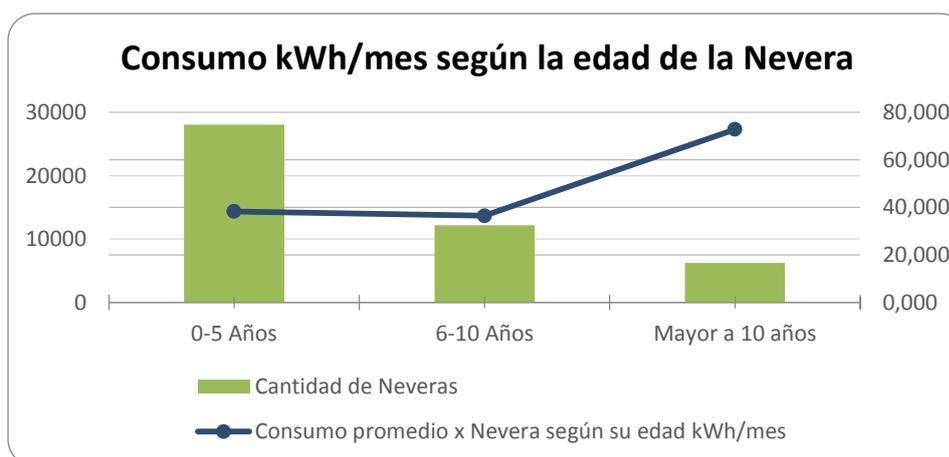
**Figura 81.** Edad de las neveras en zonas rurales.



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Ahondando en el análisis del consumo de energía eléctrica debido a neveras, se obtiene que el consumo promedio de las neveras entre 0 y 5 años es de 38,3 kWh/mes, el de las neveras entre 6 y 10 años es de 36,5 kWh/mes y para neveras mayores a 10 años el consumo es de 72 kWh/mes. Además, la cantidad de neveras con edades mayores a 10 años es del 7%, las mismas presentan el consumo más alto respecto a sus pares de menos edades.

**Figura 82.** Consumo eléctrico según la edad de la nevera



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 5.3.4.2. *Análisis de uso de energía en aparatos eléctricos.*

El análisis del consumo de energía eléctrica debido al uso de aparatos eléctricos se realizó con base en la encuesta acerca de los diferentes aparatos eléctricos que son utilizados por los usuarios de zonas rurales.

Usando la definición del consumo básico de subsistencia, como el consumo asociado a aquellos aparatos que sean comunes al 50% de la población, puesto que hacen parte de un equipamiento básico de subsistencia eléctrica, se presentan los resultados obtenidos para el departamento, en el que se presenta el porcentaje de participación de cada aparato y la selección de aquellos que hacen parte del equipamiento básico de subsistencia (ver Tabla 22).

**Tabla 22.** Porcentaje de uso de aparatos eléctricos

<b>ELECTRODOMESTICO</b>	<b>% Porcentaje viviendas con equipo</b>
Arroceras	9,51%
Planchas	23,15%
Sanduchera	7,57%
Cafetera	1,34%
Secadora	0,16%
Brilladora	0,00%
Licuadora	52,90%
Aspiradora	0,06%
Radio	27,52%
Equipo de Sonido	23,50%
TV CRT	62,91%
TV LCD	6,53%
TV PLASMA	0,00%
TV LED	3,75%
Celulares	0,00%
Lavadora	35,97%
Teatro en casa	0,00%
DVD	9,21%
Secador de Cabello	0,88%

<b>ELECTRODOMESTICO</b>	<b>% Porcentaje viviendas con equipo</b>
Computador	7,24%

Con base en estos resultados, se obtuvo que los aparatos eléctricos que harán parte del consumo básico de subsistencia son: los televisores con 73,2% y licuadoras con 52,09%. Es importante notar que el porcentaje de consumo de equipos de comunicaciones como celulares y similares, no cumplió con el umbral establecido.

Con respecto al consumo de energía eléctrica de estos aparatos se obtuvieron los siguientes resultados promedio para el departamento, en el que se debe incluir para el equipamiento básico, el uso de energía para iluminación y refrigeración.

En la Tabla 23, se muestra en consumo de energía del equipamiento básico de subsistencia, en el que la iluminación representa un consumo de 43,88 kWh/mes, la refrigeración un 81,01 kWh/mes, las licuadoras 7,19 kWh/mes y los televisores 3,73 kWh/mes.

**Tabla 23.** Consumo de energía de equipamiento básico

REGION	LICUADORA	TV		Iluminación	Refrigeración	CBS kWh
	Consumo mes kWh					
Norte	7,730	3,715	0,423	29,86	72,16	113,883
Oriental	8,295	2,609	0,228	18,40	89,19	118,717
Occidental	7,499	3,015	0,275	53,58	82,60	146,965
Centro NS	5,760	2,684	0,095	79,53	89,51	177,585
Sur Oriental	8,186	7,639	0,127	41,50	79,86	137,308
Sur Occidental	2,539	0,240	0,364	25,25	90,72	119,118
<b>TOTAL</b>	<b>7,19</b>	<b>3,46</b>	<b>0,27</b>	<b>43,88</b>	<b>81,01</b>	<b>135,804</b>

Finalmente, el consumo del equipamiento básico representa un total de 135,8 kWh/mes, el cual se encuentra por debajo de los 197 kWh/mes establecidos por normativa.

#### **5.3.4.3. Estrategias de uso racional de la energía.**

Con base en el análisis del consumo energético residencial se proponen las siguientes medidas de uso racional de energía y eficiencia energética:

Desarrollar un programa de sustitución de bombillos incandescentes para las subregiones Occidental, Norte, Centro y Suroriental, debido a que se estima que 100.510 de los 117.587 bombillos de este tipo se encuentra concentrado en estas regiones, representando el 85,5% del total del departamento, lo cual representa un consumo de 74.924,7 kWh/día.

Debido a que el 68,47% de los habitantes de las zonas rurales usan el servicio de iluminación, se propone que el programa de sustitución conlleve a una reducción del uso de bombillos incandescentes en un 90% los cuales se reemplazarían por bombillos led, haciendo que solo queden en uso 11.759 bombillos incandescentes. Con base en que el consumo de un bombillo Led es aproximadamente de 7 W por 60 W de uno incandescente, lo cual representaría un cambio de consumo de 74.924,7 kWh/día por 8.741,2 kWh/día. Lo anterior representa una reducción del 75,53% del consumo total de iluminación departamental, haciendo que el consumo eléctrico pase de 87.631,139 kWh/día a 21.447,72 kWh/día, lo cual implicaría una reducción desde 43,88 kWh/mes por usuario hasta 10,74 kWh/mes.

Desarrollar un programa de actualización y sustitución de neveras y refrigeradores, debido a que se encontró que más del 15% tienen una edad superior a los 5 años, por lo que

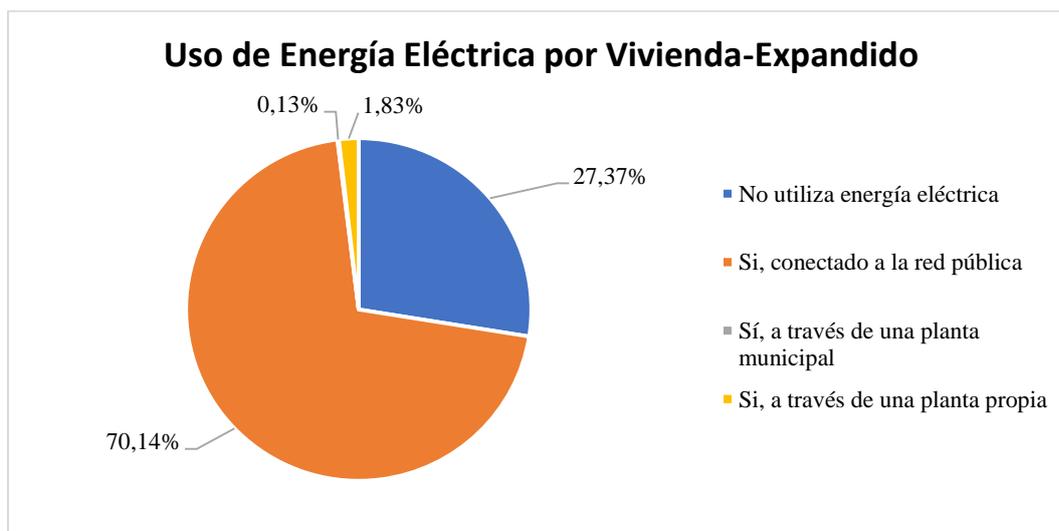
representa un alto consumo debido a su baja eficiencia. Para ello, se propone que los equipos del programa de sustitución cumplan con la norma ISO5001 de eficiencia energética y cumplan con el Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022 propuesto por el MME, a través de la UPME. Además, con estas medidas se busca que el consumo de equipamiento básico baje de 135,80 en promedio un 20%, haciendo un uso más eficiente de la energía.

## 6. Análisis del servicio de energía eléctrica

### 6.1. Cobertura de energía eléctrica por vivienda.

Los resultados del uso de energía eléctrica por vivienda obtenidos del Plan de Encuesta del PERS han permitido determinar (al aplicar los FEX de cada subregión) que de la población rural el 70,14% cuenta con servicio de energía eléctrica conectado a la red pública, mientras que el 1,96% obtiene acceso mediante planta municipal o planta propia y el 27,37% no cuenta con el servicio (ver Figura 83).

**Figura 83.** Uso de energía eléctrica por vivienda



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al comparar los resultados obtenidos mediante encuesta en el PERS y el ICEE obtenido por el Operador de Red que es del 79,22% (sección 3.3.4 *Cálculo del ICEE en cabecera municipal y zona dispersa*, de este documento), se observa una diferencia cercana al 9% entre lo estimado por el operador y lo obtenido mediante trabajo de campo.

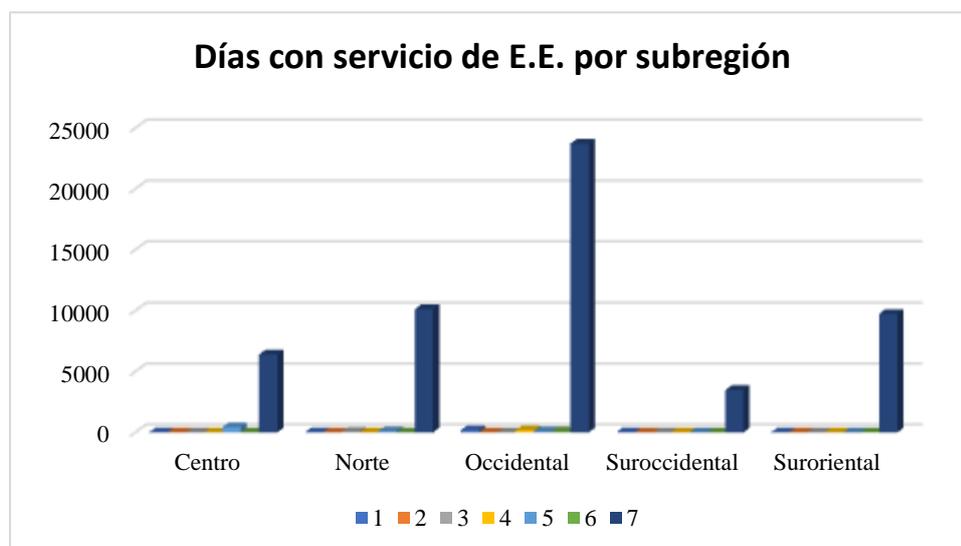
## 6.2. Continuidad del servicio de energía eléctrica

### 6.2.1. Análisis Plan de Encuesta.

Para el análisis de la continuidad del servicio de energía eléctrica con base en las encuestas del PERS se obtuvieron los siguientes resultados.

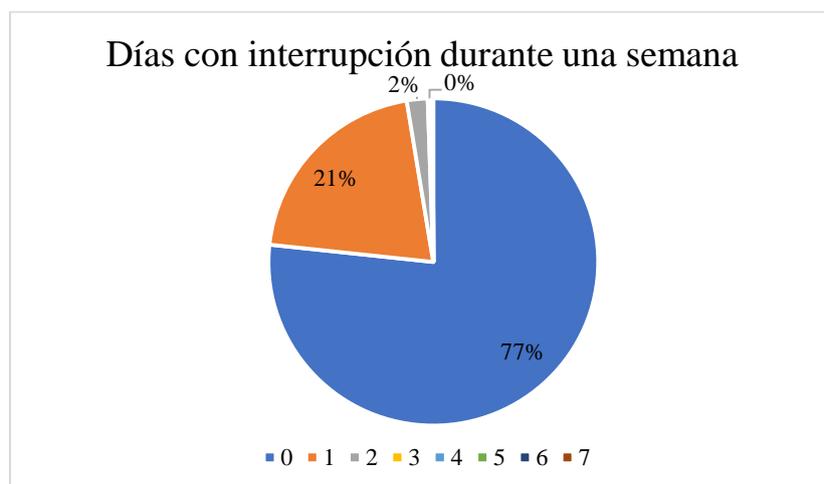
Con respecto a los días con servicio, se obtuvo que el 97,93% de la población rural cuenta con energía eléctrica durante los 7 días de la semana y solo el 1,13% de la población recibe el servicio durante 5 días de la semana.

**Figura 84.** Días con servicio de energía eléctrica por subregión



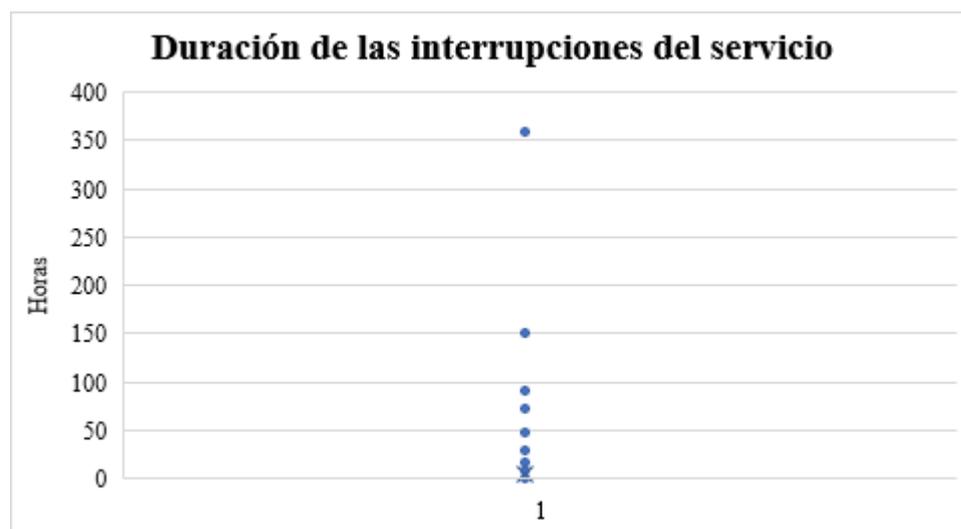
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al analizar los días con interrupciones en una semana normal, se encontró que el 98% de la población cuenta con cero (0) interrupciones y solo el 2% reportó contar con interrupciones del servicio durante dos (2) días a la semana. En la Figura 85 se presentan los resultados mencionados anteriormente.

**Figura 85.** Días sin servicio de energía eléctrica durante una semana

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Para obtener un índice de la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica se obtuvo la distribución en diagrama de cajas de bigotes que se muestra en la Figura 86. En esta se observa solo en algunos casos las interrupciones son superiores a 24 horas.

**Figura 86.** Duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica en zonas rurales

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 86 se observa que los valores de la media, mediana y moda de la distribución de duración de las interrupciones son de 0 horas. Sin embargo, se obtuvo que en promedio la duración de una interrupción del servicio de energía eléctrica en la zona rural es de 4 minutos.

### 6.2.2. Análisis Plan de Medición.

Durante el Plan de Medición se llevaron a cabo mediciones de corriente y voltaje para establecer la potencia aparente y el consumo eléctrico promedio de los hogares consultados. Con base en la información recolectada se determinó el número de interrupciones y la duración de estas durante el tiempo de medición en cada vivienda. Los resultados obtenidos por municipio se muestran en la Tabla 24. En esta se observan los resultados de voltaje, corriente e interrupciones (cantidad y duración). Para determinar el número de interrupciones del servicio asociadas a la calidad este, se tomó como criterio aquellas ocasiones en las que la tensión de la red fue estaba varió por debajo del 90% o fue superior al 110% de la tensión nominal.

**Tabla 24.** Resultados por municipio del Plan de Medición

Ubicación Municipio	Vereda	Voltaje (V)			Corriente (A)			Interrupciones	
		V <sub>mín</sub>	V <sub>prom</sub>	V <sub>máx</sub>	I <sub>mín</sub>	I <sub>prom</sub>	I <sub>máx</sub>	Cantidad	Duración
Bochalema	El Talco	109,6	118,1	122,3	0,0	0,8	5,9	6	1
	Terebinto	104,4	111,9	118,2	0,0	0,6	1,5	4	14
Chinácota	Isalá	109,7	115,6	121,5	0,0	1,7	3,8	0	0
	Manzanares	110,3	117,2	123,4	0,0	0,6	4,5	21	7
Cúcuta	El Carmen	114	116,9	120,2	0,1	1,7	3,3	4	1
San Cayetano	Urimaco	110,2	113,4	118,6	0,0	1,4	2,1	0	0
Pamplona	Jurado	113,9	119,8	125,5	0,0	1,4	11,6	1	1
	Sabaneta	101,5	133,2	142,4	0,0	1,8	2,6	24	324
Toledo	San Javier	107,4	122,1	122,4	0,0	0,7	1,2	11	100
	El Naranjo	120,4	126,3	130,9	0,7	2,2	2,5	9	1
Chitagá	Bartaquí	109,8	125,3	268,8	0,0	0,5	0,8	189	38
	Burgua	109,4	136,5	248,3	0,0	1,0	1,5	25	194
Arboledas	San Joaquín	113,6	123,7	129,1	0,0	0,9	1,6	16	109
	San Onofre	112,1	123,4	128	0,0	2,2	6,9	121	16

Bucarasica	Alto	108,5	117,1	123,7	0,0	0,1	1,3	4	4,5
	La Provincia	100,2	112,1	120,6	0,0	0,6	3,1	146	213
Cucutilla	Llano Carrillo	111,4	122,6	127,4	0,3	1,3	9,0	132	2,7
	Peñoncito	109,8	119,3	128,5	0,0	1,3	3,8	4	322
Salazar	El Zulia	123,7	126,9	130,2	0,0	2,3	5,0	1	1
	San Antonio	113,4	121,8	126,6	0,0	0,2	4,1	7	2
Ábrego	La Curva	100	113,5	119,1	0,4	1,7	5,5	99	24
	Alto	105,4	114,9	119,6	0,0	1,0	2,4	4	3
Convención	Capellanía	101,4	109,4	117	3,5	9,4	13,5	12	8,3
	Cerro Azul	114	118,9	119,8	0,0	1,0	4,2	67	173
La Playa	El Tabacal	100,2	112,1	127,5	0,1	0,7	2,8	143	400
	Montelargo	100,7	116,4	123	0,0	0,6	3,6	51	735
Sardinata	Abejales	105,6	121,3	127,8	0,0	0,8	2,0	9	245
	Caldasía	108,2	114,2	117,3	1,1	4,1	6,3	1	1
<b>Promedio</b>		<b>108,9</b>	<b>119,4</b>	<b>133,8</b>	<b>0,2</b>	<b>1,5</b>	<b>4,1</b>	<b>40</b>	<b>105</b>

Al analizar la duración promedio de las interrupciones del servicio de energía eléctrica se encontró que el valor promedio fue de 1 minuto con 45 segundos; además, el promedio de interrupciones diarias fue de 40. Por otro lado, en promedio, la tensión de la red osciló entre 108,9 V y 133,8 V con un valor medio de 119,4 V. Esto permite notar que en particular las veredas de Burgua (Chitagá), El Zulia (Salazar) y Sabaneta en Pamplona, requieren de una revisión particular de sus casos, toda vez que estos lugares el valor medio superas los límites establecidos para la operación de la red eléctrica.

### 6.3. Condiciones del aislamiento en viviendas

Al aplicar la metodología expuesta para la evaluación de las condiciones del aislamiento eléctrico de las viviendas, del Plan de Medición, no se reportaron problemas de este tipo.

#### 6.4 Potencia promedio aparente

En la Tabla 25 se muestran los resultados de Potencia Aparente para cada vereda. El análisis individual de la potencia aparente promedio de cada vivienda en la que se hicieron mediciones se anexa a este documento y se muestran los informes para cada medidor.

**Tabla 25.** Potencia promedio aparente por vivienda-Plan de Medición

<b>Ubicación</b>		<b>Potencia (VA)</b>		
<b>Municipio</b>	<b>Vereda</b>	<b>Pmín</b>	<b>Pprom</b>	<b>Pmáx</b>
Bochalema	El Talco	0,0	88,8	776,4
	Terebinto	0,0	81,0	238,7
Chinácota	Iscalá	0,0	189,0	489,7
	Manzanares	0,0	71,1	678,8
Cúcuta	El Carmen	0,0	195,2	415,0
San Cayetano	Urimaco	0,0	160,2	251,4
Pamplona	Jurado	0,0	166,2	201,6
	Sabaneta	0,0	233,5	347,0
Toledo	San Javier	0,0	84,3	189,0
	El Naranjo	0,0	269,9	338,8
Chitagá	Bartaqui	0,0	54,4	99,8
	Burgia	0,0	78,8	183,9
Arboledas	San Joaquín	0,0	104,6	205,5
	San Onofre	0,0	258,9	337,1
Bucarasica	Alto	0,0	18,0	155,4
	La Provincia	0,0	54,7	95,2
Cucutilla	Llano Carrillo	0,0	149,4	174,3
	Peñoncito	0,0	154,1	268,1
Salazar	El Zulia	0,0	293,1	650,1
	San Antonio	0,0	21,9	514,0
Ábrego	La Curva	0,0	176,4	604,5
	Alto	0,0	113,5	505,8
Convención	Capellanía	317,1	1011,6	1403,9
	Cerro Azul	0,0	112,0	651,8
La Playa	El Tabacal	0,0	42,5	332,5
	Montelargo	0,0	70,4	402,9
Sardinata	Abejales	0,0	92,4	228,5
	Caldasía	101,9	456,1	760,2
<b>Promedio</b>		<b>15,0</b>	<b>171,5</b>	<b>410,7</b>

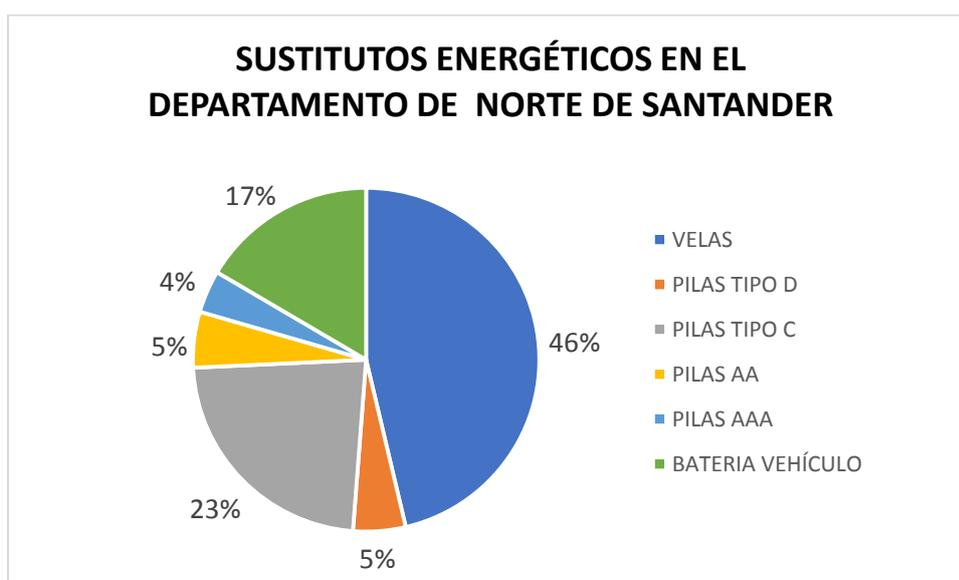
El valor de la potencia mínima promedio de medición fue de 15 VA, con un valor máximo de 410,7 VA y un valor medio de 171,5 VA. Cabe destacar que en la tabla se muestran valores de 0 VA como resultado de las interrupciones del servicio de energía eléctrica. Con respecto a esto, se debe hacer énfasis en que en este caso se toma como interrupción del servicio a la ausencia de medición de potencia eléctrica.

Por otro lado, se observan los valores más altos de potencia aparente máxima en las veredas de El Talco (Bochalema), Manzanares (Chinácota) y Cerro Azul (Ábrego) con valores alrededor de 600 VA. Lo anterior permite recomendar una revisión de estos resultados por parte del operador de red.

### 7. Análisis de sustitutos energéticos para la energía eléctrica

A continuación, en la Figura 87 se presentan los principales sustitutos energéticos de la energía eléctrica en las zonas rurales de Norte de Santander. Entre los encuestados, el 46% sustituye la ausencia de energía eléctrica mediante Velas; mientras que el 23% lo hace mediante Pilas tipo C y 17% mediante Baterías de Vehículo.

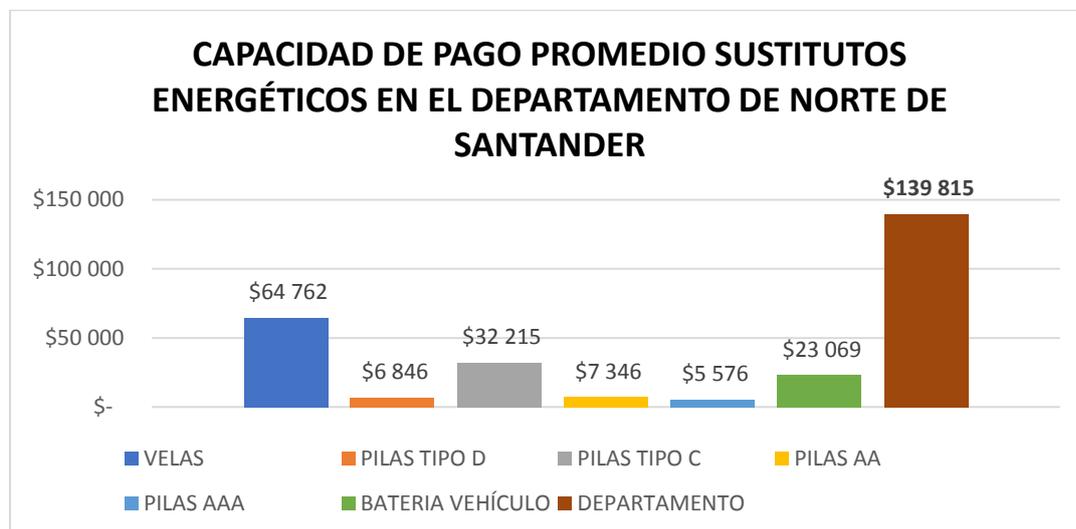
**Figura 87.** Sustitutos energéticos en zonas rurales



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Al analizar la capacidad de pago promedio de los usuarios con base en los sustitutos energéticos, se obtuvo un valor de \$139.815, como se muestra en la Figura 88.

**Figura 88.** Capacidad de pago promedio-sustituto Energético



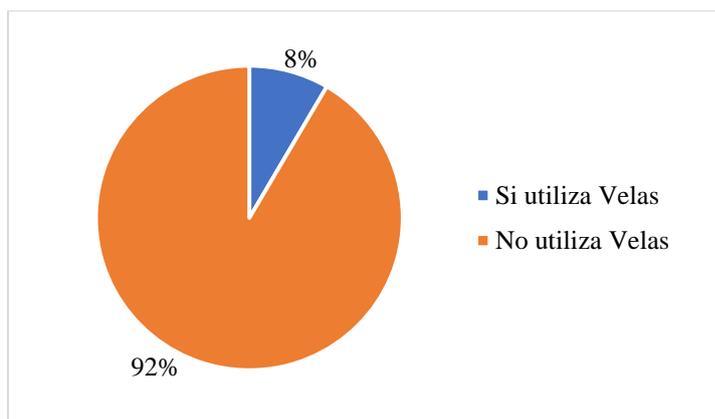
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

La mayor capacidad de pago se presenta con el mayor sustituto de energía eléctrica, las velas; el valor promedio de capacidad de pago es de \$64.762. Después de éste, las Pilas tipo C constituyen el energético sustituyente que representa la mayor capacidad de pago con \$32.215.

### 7.1. Capacidad de pago mensual en velas

Con respecto al uso de velas, se consulto acerca de esto a los encuestados, obteniéndose que el 92% de la población las utiliza, como se muestra en la Figura 89.

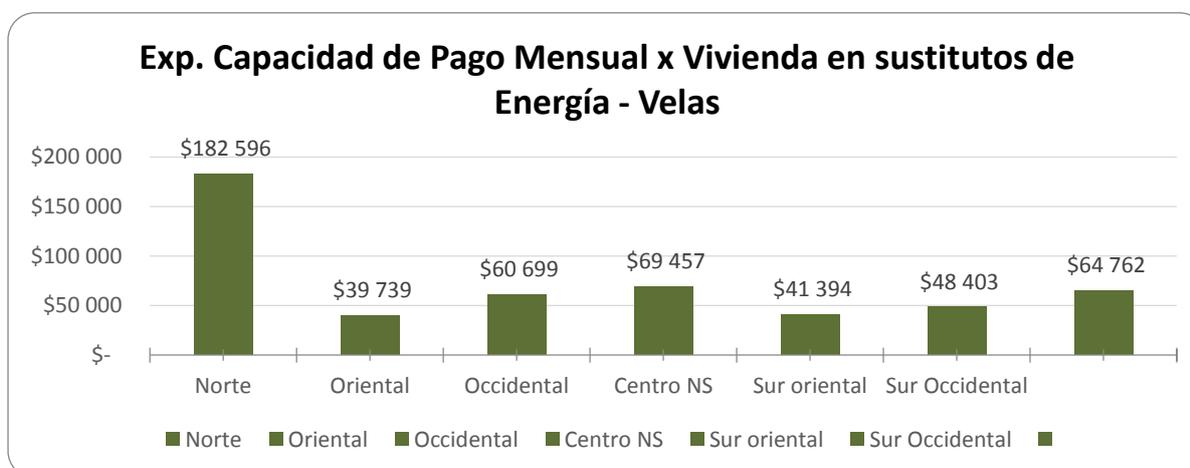
**Figura 89.** Uso de velas en zonas rurales de Norte de Santander



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Se determinó la capacidad de pago mensual por vivienda con respecto al consumo de velas como sustituto energético, para ello se tomó en cuenta el valor obtenido al aplicar el factor de expansión de la subregión. Los resultados se muestran en la Figura 90.

**Figura 90.** Capacidad de pago mensual por vivienda-Velas



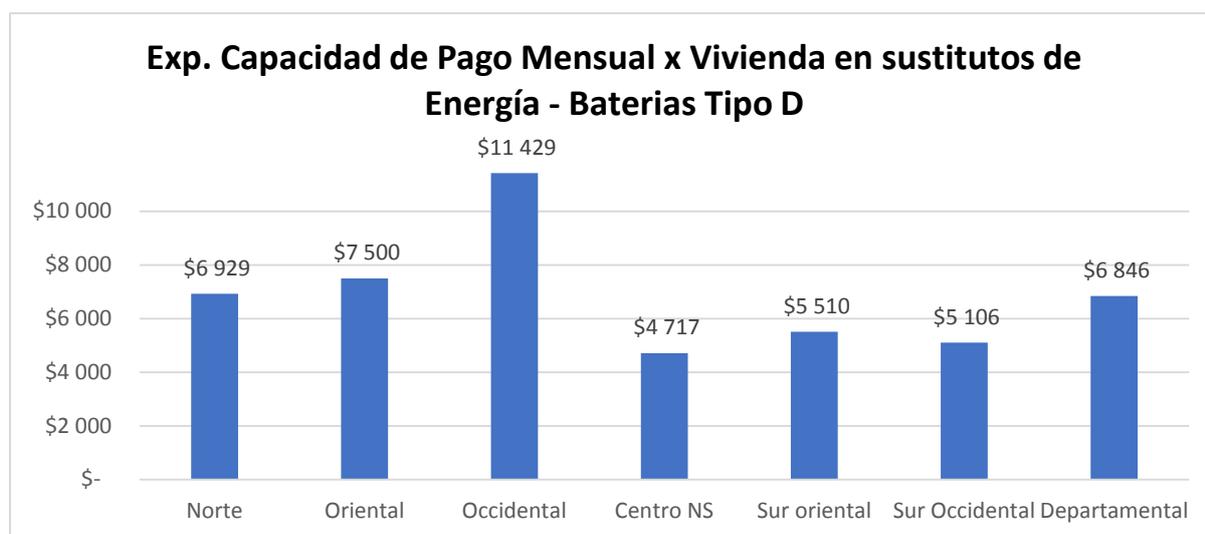
Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

En la Figura 90 se muestra la que la subregión con la mayor capacidad de pago es la Norte con una inversión mensual por vivienda de \$182.596; sin embargo, el resto de las subregiones presentan una capacidad de pago entre \$39.000 y \$70.000.

## 7.2. Capacidad de pago mensual en Baterías

Al evaluar la capacidad de pago mensual por vivienda por subregión, la subregión con la mayor inversión en baterías tipo D es la Occidental con \$11.429. Además, las otras subregiones cuentan con capacidad de pago entre \$4.700 y \$7.500 (ver Figura 91).

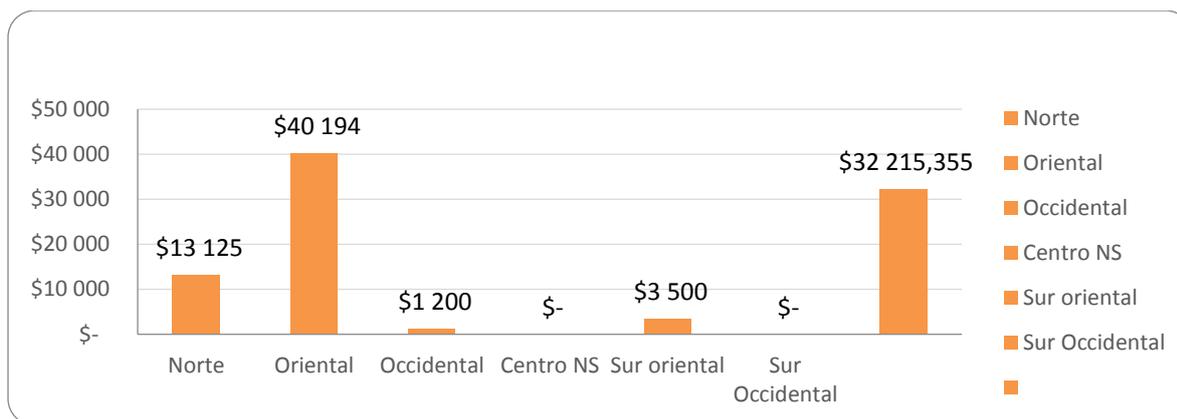
**Figura 91.** Capacidad de pago mensual por vivienda-Baterías tipo D



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Con respecto a la capacidad de pago mensual por vivienda en pilas tipo C, se obtuvo que la subregión con la mayor inversión es la Oriental con \$40.194. Las subregiones Norte, sigue a la Oriental, con \$13.125 (ver Figura 92). Finalmente, el promedio departamental es de \$32.215.

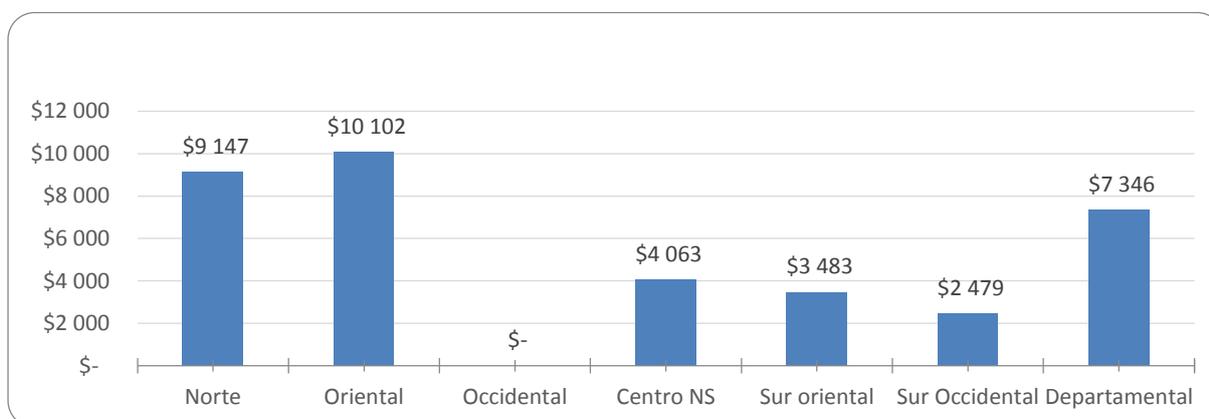
**Figura 92.** Capacidad de pago mensual por vivienda-Baterías tipo C



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

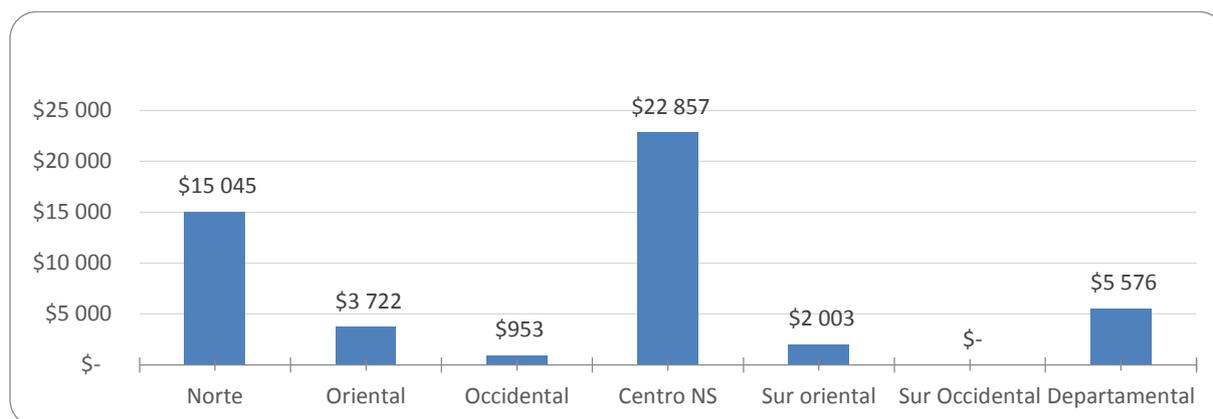
En referencia a la capacidad de pago por vivienda en sustituto de pila AA se obtuvo que el valor más alto de inversión se da en la subregión Oriental con \$10.102, seguida de la subregión Norte con \$9.147 y luego la Centro con \$4.063 (ver Figura 93).

**Figura 93.** Capacidad de pago por vivienda-Pila AA



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

Igualmente, se evaluó la capacidad de pago mensual por vivienda en sustitutos de energía eléctrica mediante pilas AAA. Las subregiones que presentaron una participación significativa fueron la Centro con \$22.857, Norte con \$15.045 y Oriental con \$3.722 (ver Figura 94).

**Figura 94.** Capacidad de pago mensual-Pila AAA

Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

## 8. Proyección de la demanda energética

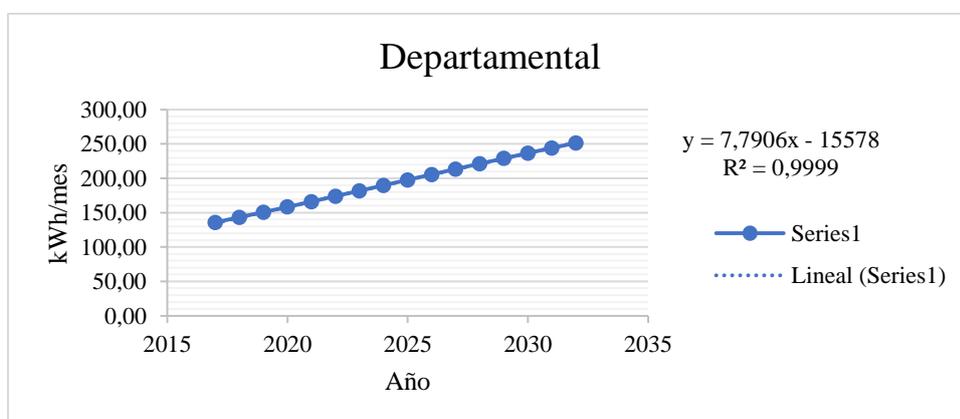
En esta sección del documento se analizará la proyección de la demanda energética para las zonas rurales del departamento. El análisis se subdivide por subregión y se realiza por cada sector consultado en el Plan de Encuesta del PERS. En la Tabla 26 se muestra la población y la demanda energética inicial para cada población, con base en el diagnóstico energético residencial de las zonas rurales.

**Tabla 26.** Población y demanda energética por subregión.

Región	Encuestas	FEX	Población	Demanda E.E. (kWh/mes) Encuestas	Equipamiento Básico (kWh/mes)
Norte	357	54,68	19.520	248,5	113,9
Oriental	375	27,12	10.116	378,2	118,7
Occidental	377	85,28	32.152	206,8	147,0
Centro	371	22,16	8.242	231,5	177,6
Sur Oriental	364	29,77	10.836	307,1	137,3
Sur Occidental	357	18,60	6.640	154,6	119,1
<b>Total</b>	<b>2202</b>	<b>39,78</b>	<b>87.506</b>	<b>251,5</b>	<b>135,8</b>

En la Figura 95 se muestra el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento. Se observa un crecimiento desde 135,8 kWh/mes hasta 251,5 kWh/mes, con un crecimiento anual de 7,8 kWh/mes.

**Figura 95.** Proyección de demanda eléctrica 2017-2032. Norte de Santander

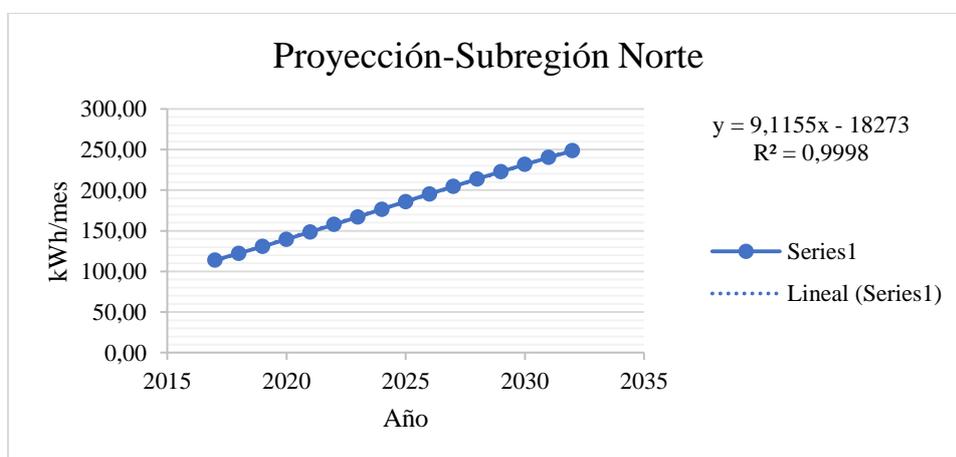


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 8.1. Proyección energética Subregión Norte

Para la subregión norte, se obtuvo que la demanda de energía eléctrica crece de manera constante a 9,1 kWh/mes desde 113,7 kWh/mes para el año 2017 hasta 248,5 kWh/mes al llegar al año 2032. Esta subregión cuenta con la mayor tasa de crecimiento anual.

**Figura 96.** Proyección de demanda eléctrica 2017-2032. Subregión Norte

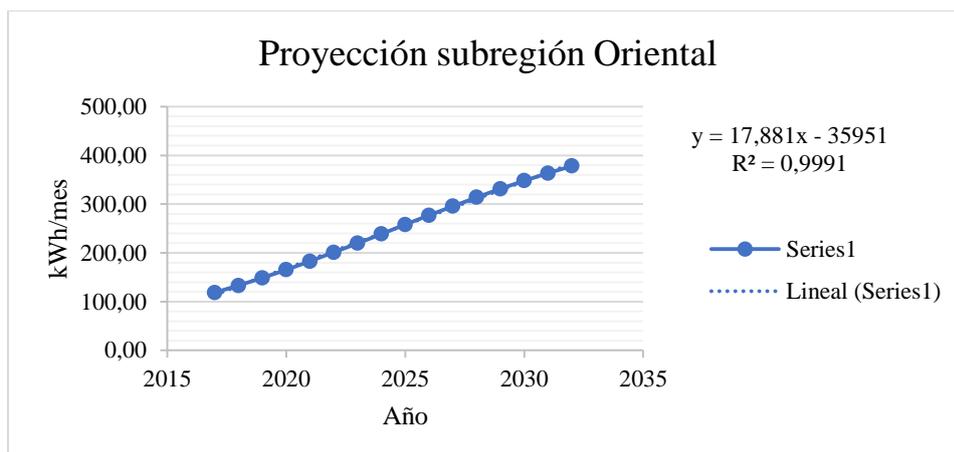


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 8.2. Proyección energética Subregión Oriental

La subregión Oriental cuenta con la segunda menor tasa de crecimiento anual con 17,9 kWh/mes. En 2017 se contaba con 118,7 kWh/mes y se espera que ascienda a 378,2 kWh/mes.

**Figura 97.** Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Oriental

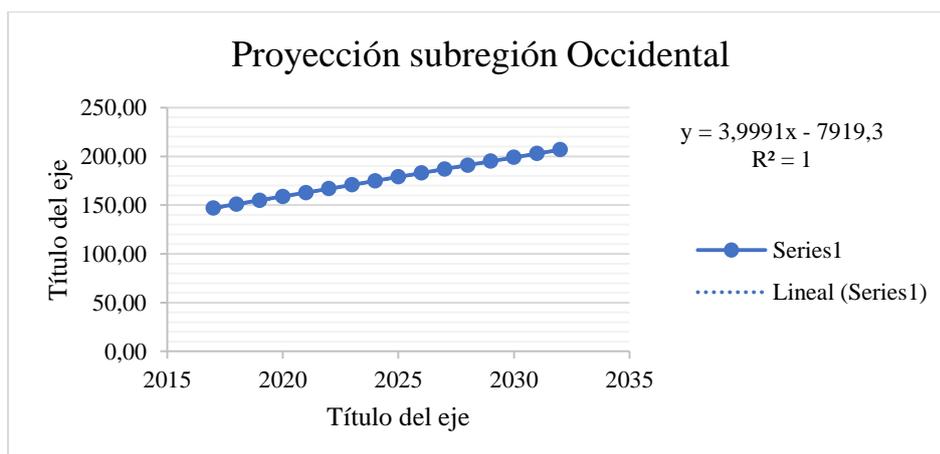


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

### 8.3. Proyección energética Subregión Occidental

La subregión Occidental cuenta con la segunda mayor tasa de crecimiento con 4 kWh/mes por cada año. Para 2017 su demanda eléctrica era de 147 kWh/mes y se espera que en 2032 llegue hasta 206,8 kWh/mes.

**Figura 98.** Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Occidental

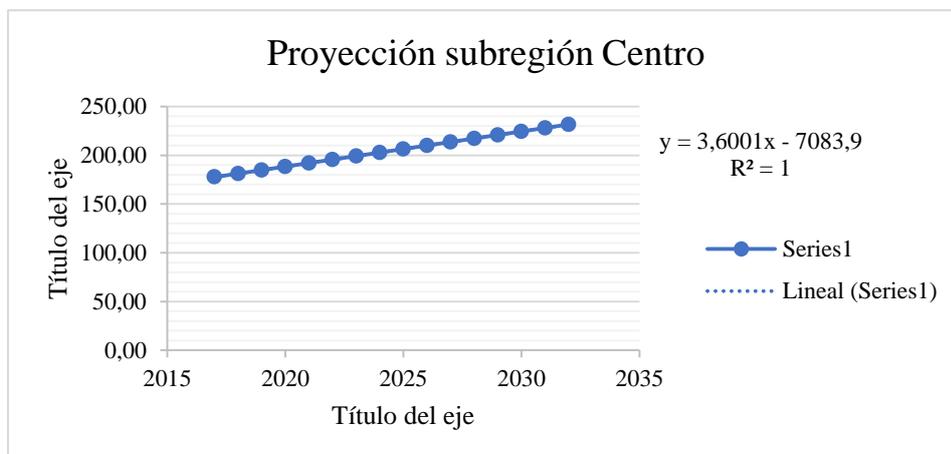


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

#### 8.4. Proyección energética Subregión Centro

Para esta subregión, se obtiene que para el año 2017 se obtuvo una demanda eléctrica por usuario de 177,6 kWh/mes y ascenderá de manera constante, a 3,6 kWh/mes por año, hasta un valor de 231,5 kWh/mes para el año 2032.

**Figura 99.** Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Centro

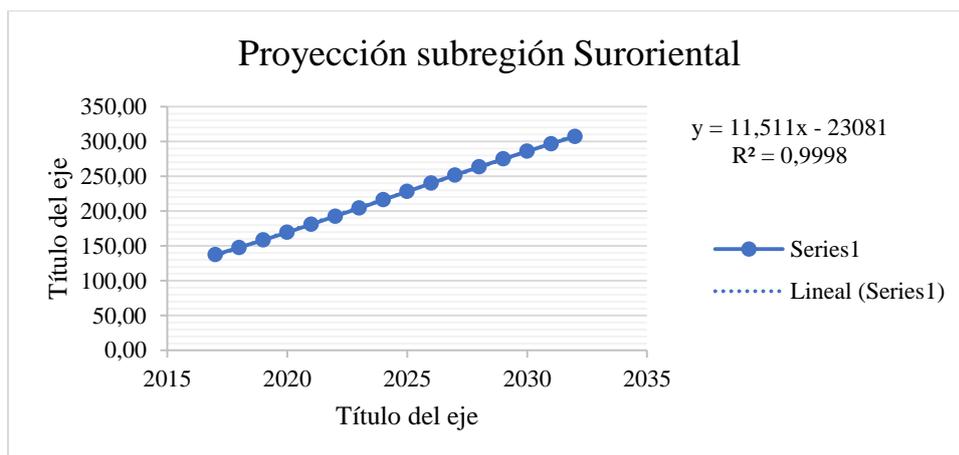


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

#### 8.5. Proyección energética Subregión Suroriental

Con respecto a la subregión Suroriental se muestra un crecimiento desde 137,3 kWh/mes (2017) hasta 307,1 kWh/mes en 2032, con un crecimiento anual de 11,5 kWh/mes al año.

**Figura 100.** Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Suroriental

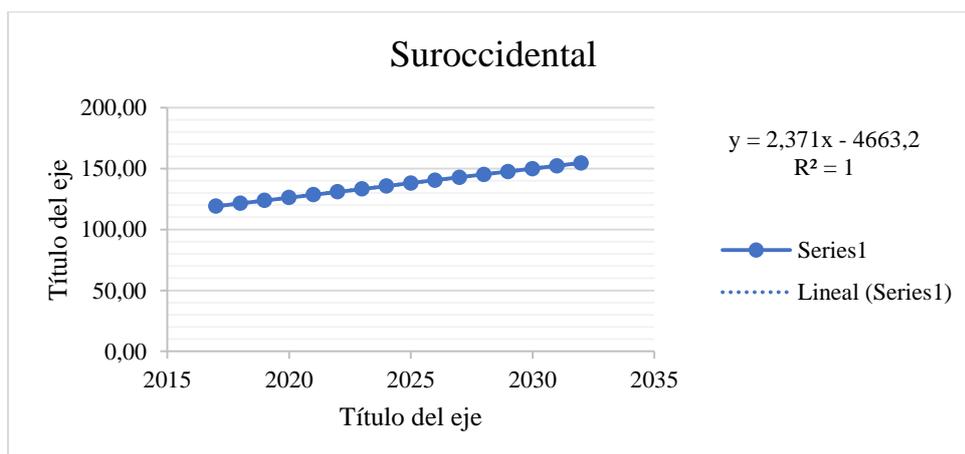


Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

## 8.6. Proyección energética Subregión Suroccidental

Para la subregión Suroccidental, se cuenta con la menor demanda eléctrica para el año 2017 con 119,1 kWh/mes y se espera que aumente hasta 154,6 kWh/mes para el año 2032. La tasa de crecimiento anual por usuario, para esta subregión, es de 2,4 kWh/mes.

**Figura 101.** Proyección de demanda energética 2017-2032. Subregión Suroccidental



Fuente: base de datos PERS Norte de Santander, (2017).

## 9. Conclusiones

El PERS-Norte de Santander estima que, para el año 2017, el consumo promedio de energía eléctrica es de 251,5 kWh/mes y el Consumo Básico de Subsistencia a nivel departamental, para el sector residencial, es de 138,5 kWh/mes; siendo las subregiones Centro y Occidental aquellas que cuentan con el mayor CBS subregional con 147,0 y 177,6 kWh/mes y la subregión Norte presenta el menor CBS con 113,9 kWh/mes. Por otro lado, se proyecta que el consumo promedio departamental por usuario rural crecerá a razón de 7,79 kWh/mes, desde 135,8 kWh/mes hasta 251,5 kWh/mes para el periodo 2017-2032.

Al caracterizar el consumo de energía en cada subregión se determinó que tipo de energéticos son consumidos en cada una de éstas se determinó que en todas las subregiones la mayor participación de energéticos se da entre la Leña y Energía Eléctrica. El análisis de la demanda energética residencial promedio del departamento se obtuvo un consumo total de energía en las zonas rurales del departamento es de 14.805 GJ/día, lo cual corresponde a un consumo de leña de 2092,2 GJ/día.

Con respecto a los tipos de energéticos, se obtuvo que el energético más consumido es la Leña con el 75,62% del total, seguida de la Energía Eléctrica con 10,69% y del Kerosene/Gasolina con el 9,17%. En este sentido, al comparar cada subregión del departamento con respecto a su participación se obtiene que las subregiones con la mayor participación es la Suroccidental con 32,12% y la Norte con 31,11%; además, la subregión con la menor participación es la Suroccidental con 5,47%.

Con respecto, a la Leña se obtuvo que el consumo promedio a nivel departamental es de 22,222 kg/día; con la subregión Norte con el mayor al ser de 27,87 kg/día, seguida de la Suroriental con 23,56 kg/día. Además, las subregiones Centro y Suroccidental cuentan con el menor consumo de leña al día por vivienda, con 17,23 kg/día y 15,12 kg/día, respectivamente.

El consumo de energía eléctrica rural representa el 10,69% del consumo departamental lo que corresponde a 2.092,18 GJ/día (581.057,9 kWh/día). El análisis de este consumo, por subregión, arrojó que el uso de energía eléctrica en aparatos eléctricos representa el 52,91%, seguido de la iluminación con 15,08% y estufas y hornos con 14,93%. Lo anterior implica que de los 2.092,18 GJ/día del consumo de energía eléctrica departamental, la subregión Occidental consume 677,41 GJ/día; mientras que las subregiones Norte y Oriental consumen, respectivamente, 353,82 GJ/día y 422,28 GJ/día.

El consumo promedio de energía eléctrica a nivel departamental y por subregión, se obtuvo que el promedio departamental es de 251,5 kWh/mes y que las subregiones con el mayor consumo son la Oriental con 378,2 kWh/mes, la Suroriental con 307,1 kWh/mes y la Norte con 248,5 kWh/mes. La subregión con menor consumo es la Suroccidental con 154,6 kWh/mes.

Con respecto al consumo de Kerosene/Gasolina se obtuvo que el promedio departamental es de 2,206 gal/día por vivienda y que la subregión con el mayor consumo de kerosene/gasolina es la Norte con 7,617 gal/día por vivienda; seguidamente, en la subregión Occidental el promedio de consumo alcanza los 1,294 gal/día. Para las demás subregiones no se supera un consumo promedio de 1 gal/día por vivienda.

Por otro lado, se determinó que el consumo promedio de GLP no varía drásticamente entre las subregiones. Las subregiones con mayor consumo son la Centro con 0,209 gal/día y la Norte con 0,287 gal/día, por vivienda, y la de menor consumo es la Suroriental con 0,185 gal/día.

Asimismo, el consumo promedio de ACPM a nivel departamental es de 0,56 gal/día por vivienda. Asimismo, se obtuvo que la región Occidental presenta el mayor consumo ACPM de todo el departamento, con un promedio de 4 gal/día por vivienda. El valor del consumo promedio de esta subregión es casi 40 veces el de cualquiera de las otras subregiones.

Con respecto al consumo de carbón vegetal, se obtuvo que el consumo promedio del departamento es de 6,917 kg/día por vivienda, siendo la subregión Suroriental la de mayor consumo con 25 kg/día y, en segundo lugar, la subregión Oriental con 300 g/día. Además, el consumo en otras subregiones es despreciable.

El Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE) departamental es de 95,88%, obteniéndose en las cabeceras municipales un ICEE de 99,74% y en zonas dispersas es de 80,30%. Al comparar los ICEE de cada subregión se observa que la subregión norte presenta el menor ICEE en zona dispersa con el 58,54%, lo cual repercute en el ICEE total al obtener el de menor valor del departamento con 74,85%. Además, la subregión con el más alto ICEE total es la oriental con un 99,72%, obteniendo un 99,95% y 93,60% en cabecera municipal y zona dispersa respectivamente.

El PERS-Norte de Santander estima que para el año 2016, el departamento cuenta con 865 Viviendas Sin Servicio en cabeceras municipales y 16091 en zonas dispersas, para un total de

16956 en todo el departamento. Además, se obtuvo que el 82,66% de las VSS en cabecera municipal se encuentran en la subregión Centro. Mientras que las otras dos subregiones que cuentan con VSS son la Oriental con el 15,49% y la Occidental con 1,85%. Los municipios con el mayor número de necesidades de electrificación son Tibú, Sardinata y Ábrego. Mientras que Mutiscua, Puerto Santander y Silos presentan la menor cantidad.

Finalmente, el servicio de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento cumple con las condiciones de continuidad y niveles de tensión reglamentados; no obstante, existen algunos casos particulares reportados que deben ser revisado por el CENS .

## 10. Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis del ICEE con fuentes de información que provenga de todas las empresas comercializadoras del departamento, debido a que en este estudio solo fue analizada la información antecedente del operador de red.

Para estudios posteriores del ICEE del departamento se recomienda generar estrategias que permitan una comunicación más efectiva con las alcaldías y entes territoriales del departamento, debido al bajo nivel de respuesta de estos acerca de las necesidades de energización de sus zonas de influencia.

El PERS podría formularse sobre la base de las necesidades identificadas para 15 municipios.

Para la generación de los formularios digitales de encuesta del PERS, se deben limitar los valores que pueden ser ingresados como respuestas a las preguntas de consumo energético por fuente y uso, con base en estimaciones de los valores máximos y mínimos de consumo de energéticos en las subregiones u optar por establecer valores máximos de respuesta que cumplan con criterios de viabilidad técnica. De esta manera, se guía al encuestador y al encuestado acerca de los valores que pueden tomar las respuestas y se reduce el riesgo de ingresar valores extremos y reduce la desviación de los resultados obtenidos.

La alianza con el operador de red, Centrales Eléctricas de Norte de Santander (CENS), permitió al PERS- Norte de Santander conocer resultados históricos de consumo de energía eléctrica y comparar los resultados obtenidos en campo con aquellos recolectados de las encuestas. Por lo tanto, para el desarrollo de otros PERS, es necesario generar lazos de

trabajo en equipo con el operador de red puesto que contribuye a obtener un panorama general del consumo eléctrico del departamento.

Para obtener el Consumo Básico de Subsistencia no solamente se debe usar la definición del marco normativo de la CREG o las disposiciones de la UPME, sino adaptarlas con base al contexto departamental y subregional. Entendiendo que estos marcos normativos sientan las orientaciones acerca del CBS; pero no limitan los resultados a la simple aplicación de estas metodologías y corresponde al equipo del PERS, aprovechar al máximo estas disposiciones para obtener el panorama más específico y real a nivel energético del departamento.

El Plan de Medición de variables eléctricas, para el análisis del servicio de energía eléctrica, en las zonas rurales del departamento requiere una planeación exhaustiva que contemple tiempos de desplazamiento, número de horas de medición, capacidad de almacenamiento de datos, compromiso por parte de los usuarios y el uso de equipos de medición especializados para caracterizar la calidad del servicio de energía eléctrica. En este PERS, se realizó un análisis del servicio; sin embargo, debido a los equipos utilizados durante el Plan de Medición, solo se pudo hacer una aproximación acerca del estado del servicio y no una comprensión global de la calidad de servicio de energía eléctrica.

La incompletitud y la baja periodicidad en el registro de consumos en las bases de datos de servicios domésticos en las zonas rurales, dificulta el análisis del consumo de energéticos por parte de los usuarios. Asimismo, esta situación impide generar un modelo de proyección de demanda energética por tipo de energético, toda vez que la data disponible no presenta confiabilidad y es insuficiente para generar un modelo matemático que represente de forma fiable el comportamiento del consumo.

### Referencias Bibliográficas

- [1] C. electricas N. de Santander, “Capitulo 2 Parámetros de Diseño CENS-Norma Técnica -Cns-Nt-02,” .
- [2] Centrales Electricas de Norte de santander, “Norma CENS Tomo I,” pp. 2–4, 2004.
- [3] Comisión de Regulación de Energía y Gas, “Resolución CREG 355.” Ministerio de Minas y Energía, Bogota, 2004.
- [4] GOBIERNO DE COLOMBIA, “LEY 855 DE 2003,” 2003. [Online]. Available: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0855\\_2003.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html). [Accessed: 09-Nov-2017].
- [5] Ministerio de Minas y Energía, *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE*. Bogota, 2013.
- [6] Ministerio Económico y Desarrollo, “NTC 2050,” p. 847, 1998.
- [7] Republica de Colombia and Consejo Nacional de Política Económica y Social, *Conpes 3453*. Bogota, 2006.
- [8] Republica de Colombia and Departamento Nacional de Planeación, *Conpes 3108*. Bogota, 2001.
- [9] Unidad de Planeación Minero Energética UPME and O. Estella, “Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2016-2020,” pp. 0–48, 2016.
- [10] Unidad de Planeación Minero Energética UPME, Ministerio de minas y energía, y GOBIERNO DE COLOMBIA, “Sistema de Información Eléctrico Colombiano.” [Online]. Available: <http://www.siel.gov.co/>.
- [11] Unidad de Planeación Minero Energética UPME, *Plan Idicativo de Expansión de Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica*, 1st ed. Bogota.
- [12] Unidad de Planeación Minero Energética UPME, “Anexo 3. Metodología para la estimación del ICEE.” 2016.