

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN ZONAS
RURALES PARA LOS MUNICIPIOS DE ARAUCA**

JOSÉ LEONARDO CARRILLO ROMERO

ANDRÉS FELIPE PERDOMO ARIAS

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
VILLAVICENCIO
2017**

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN ZONAS
RURALES PARA LOS MUNICIPIOS DE ARAUCA**

José Leonardo Carrillo Romero

Andrés Felipe Perdomo Arias

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título como
Ingeniero Electrónico**

DIRECTOR:

Ing. Jairo David Cuero Ortega

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
2017**

Nota de Aceptación:

Esp. Jairo David Cuero Ortega
Director Trabajo de Grado

Esp. Jairo David Cuero Ortega
Jurado

Villavicencio, noviembre de 2017

DEDICATORIA

Quiero dedicar todo este esfuerzo y trabajo a mis padres por su gran apoyo y colaboración en cada momento de mi vida, son mi motor y mi ancla, el motivo de todo.

José Leonardo Carrillo Romero

Terminando una etapa de mi vida y empezando una nueva, quiero dedicar este trabajo a mi padre y hermanas quienes me han apoyado y colaborado desde siempre.

Andrés Felipe Perdomo Arias

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza, dedicación y protección durante este gran esfuerzo que comprendió la carrera como ingeniero electrónico.

A los profesores con los que hemos compartido, durante los últimos años, el trabajo y esfuerzo gracias por enseñarnos y brindarnos su conocimiento, siendo ejemplo a seguir por su compromiso y entrega.

Al Observatorio del Territorio de la Universidad de los Llanos por brindarnos la oportunidad de realizar nuestra opción de grado como estudiantes participantes de investigación EPI para poder culminar el proceso de aprendizaje e integrarnos a su grupo de trabajo.

Finalmente, a nuestro tutor, el ingeniero Jairo David Cuero por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación.

CONTENIDO

RESUMEN.....	11
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
4. OBJETIVOS.....	17
4.1. Objetivo general.....	17
4.2. Objetivos específicos.....	17
5. MARCO DE REFERENCIA.....	18
6. ESTADO DEL ARTE.....	20
7. MARCO TEÓRICO.....	22
8.1. Energía.....	22
8.2. Electricidad o energía eléctrica.....	22
8.3. Cobertura eléctrica:.....	25
8.4. Sector empresarial de energía eléctrica.....	25
8.5. El clima en la generación de energía eléctrica.....	27
8.6. Demanda de Energía Eléctrica.....	27
8.7 Responsabilidades por la prestación de servicio de energía eléctrica en Colombia.....	28
8.8 Mercado energético en Colombia.....	29
8.9 Sistemas de información geográfica (SIG).....	29
8.9 Construcción y componentes de un SIG.....	30
8.11 Encuesta.....	31
8.12 Muestra estadística.....	32
9 METODOLOGÍA.....	33
9.1 Análisis del Consumo eléctrico en el departamento de Arauca entre los años 2012-2016 (SUI).....	33
9.1.1 Consumo de energía eléctrica en la zona rural del departamento de Arauca para los años 2012-2016.....	35
9.1.2 Consumo de energía eléctrica en la zona urbana del departamento de Arauca para los años 2012-2016.....	35

9.2 Análisis del consumo eléctrico en los municipios del departamento de Arauca en el año 2016.....	36
9.2.1 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Arauca para el año 2016	36
9.2.2 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Arauquita para el año 2016.....	39
9.2.3 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cravo Norte para el año 2016.....	41
9.2.4 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Fortul para el año 2016	43
9.2.5 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Puerto Rondón para el año 2016.....	45
9.2.6 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Saravena para el año 2016.....	47
9.2.7 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Tame para el año 2016	49
9.3 Método de recolección de información primaria empleado en el proyecto PERS Orinoquia	51
9.3.1 Sector residencial	51
9.3.2 Sector comercial y sector institucional	54
9.3.3 Distribución muestral	56
9.4 Cobertura de la energía eléctrica en Arauca	58
9.4.1 Viviendas que cuentan con el servicio de energía	58
9.4.2 Días que cuenta con el servicio de energía eléctrica.....	59
9.4.3 Frecuencia de interrupciones en el servicio de energía eléctrica	60
9.5 Análisis y caracterización por uso y fuente de la Información primaria	61
9.5.1 Uso de la energía en las viviendas rurales del departamento de Arauca	61
9.5.2 Fuente de la energía en las viviendas rurales del departamento de Arauca	74
RESULTADOS.....	78
DISCUSIÓN	79
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Círculo virtuoso de la metodología PERS	19
Gráfica 2 Materiales No conductores.....	23
Gráfica 3 Materiales conductores	23
Gráfica 4 Esquema de una central termoeléctrica	24
Gráfica 5 Participación por tecnología en la generación de energía eléctrica	24
Gráfica 6 Marco institucional del sector eléctrico en Colombia.....	29
Gráfica 7 Componentes de un SIG	31
Gráfica 8 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Arauca para el año 2016	38
Gráfica 9 Consumo eléctrico del municipio de Arauca para el año 2016.....	38
Gráfica 10 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Arauquita para el año 2016.....	40
Gráfica 11 Consumo eléctrico del municipio de Arauquita para el año 2016.....	40
Gráfica 12 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Cravo Norte para el año 2016.....	42
Gráfica 13 Consumo eléctrico del municipio de Cravo Norte para el año 2016	42
Gráfica 14 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Fortul para el año 2016	44
Gráfica 15 Consumo eléctrico del municipio de Fortul para el año 2016	44
Gráfica 16 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Puerto Rondón para el año 2016.....	46
Gráfica 17 Consumo eléctrico del municipio de Puerto Rondón para el año 2016	46
Gráfica 18 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Saravena para el año 2016.....	48
Gráfica 19 Consumo eléctrico del municipio de Saravena para el año 2016	48
Gráfica 20 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Tame para el año 2016	50
Gráfica 21 Consumo eléctrico del municipio de Tame para el año 2016	50
Gráfica 22 Clasificación de las UPNAS	55
Gráfica 23 Estratificación de los municipios del departamento de Arauca de acuerdo al tiempo de desplazamiento a casco urbano.....	57
Gráfica 24 Rutas de encuestas para el departamento de Arauca.....	57
Gráfica 25 Uso del servicio de energía eléctrica en el departamento de Arauca... ..	58
Gráfica 26 Uso del servicio de energía eléctrica por municipio.....	59
Gráfica 27 Días de la semana con servicio de energía eléctrica	60
Gráfica 28 Frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica a la semana en Arauca.....	60
Gráfica 29 Usos de la energía en los hogares rurales del departamento de Arauca	61

Gráfica 30 Fuente principal de iluminación en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	62
Gráfica 31 Fuente principal de iluminación de los municipios del departamento de Arauca.....	63
Gráfica 32 Tipos de bombillos y consumos utilizados por los hogares rurales del departamento de Arauca.....	64
Gráfica 33 Uso de Nevera o refrigeración en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	64
Gráfica 34 Uso de nevera o refrigeración en los municipios del departamento de Arauca.....	65
Gráfica 35 Uso de aire acondicionado o ventilador en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	66
Gráfica 36 Uso de aires acondicionados y ventiladores en las viviendas rurales de los municipios de Arauca	66
Gráfica 37 Lugares donde se preparan los alimentos en los hogares rurales en el departamento de Arauca.....	68
Gráfica 38 Lugares donde se preparan los alimentos en los hogares rurales de los municipios de Arauca.....	69
Gráfica 39 Uso de segunda estufa para cocinar en los hogares rurales del Departamento de Arauca.....	70
Gráfica 40 Combustible principal utilizado para la segunda estufa en los hogares rurales del Departamento de Arauca	70
Gráfica 41 Uso de horno para cocinar en las viviendas rurales del Departamento de Arauca.....	71
Gráfica 42 Combustible principal utilizado en hornos en las viviendas rurales del Departamento de Arauca.....	72
Gráfica 43 Lugar de adquisición de la leña en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	72
Gráfica 44 Lugar de adquisición de leña comprada en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	73
Gráfica 45 Tipos de estufas utilizadas en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	74
Gráfica 46 Consumo de GLP en los municipios de Arauca	75
Gráfica 47 Consumo de gasolina, kerosene y ACPM en los municipios de Arauca	75
Gráfica 48 Combustible principal utilizado para cocinar en los hogares rurales del departamento de Arauca.....	76
Gráfica 49 Combustible principal utilizado en las zonas rurales de los municipios del departamento de Arauca.....	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Empresas generadoras con mayor impacto en el mercado eléctrico en el país	26
Tabla 2 Estimación de consumos de energía eléctrica desde el 2017 hasta el 2031	28
Tabla 3 Consumo de energía eléctrica en el departamento de Arauca	34
Tabla 4 Consumo de energía eléctrica en el departamento de Arauca en la zona rural.....	35
Tabla 5 Consumo de energía eléctrica en la zona urbana del departamento de Arauca.....	36
Tabla 6 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Arauca para el año 2016	37
Tabla 7 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Arauquita para el año 2016	39
Tabla 8 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Cravo Norte para el año 2016	41
Tabla 9 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Fortul para el año 2016.....	43
Tabla 10 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Puerto Rondón para el año 2016.....	45
Tabla 11 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Saravena para el año 2016	47
Tabla 12 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Tame para el año 2016	49
Tabla 13 Índices de Ruralidad de los municipios del departamento de Arauca	52
Tabla 14. Población y número de viviendas del censo del 2005.....	53
Tabla 15 Proyección de la población y número de viviendas del censo del 2016..	53
Tabla 16 Marco muestral para los municipios del departamento de Arauca.....	54
Tabla 17 Marco muestral para el sector comercial y de servicio.....	56
Tabla 18 Equipos regularmente encontrados en las viviendas rurales del departamento de Arauca.....	67

RESUMEN

Los Planes de Energización Rural Sostenible parten del análisis regional, teniendo en cuenta los aspectos más relevantes en emprendimiento, productividad y energización, para poder establecer una política pública energética que plantee una visión de desarrollo en la región con el fin de facilitar la identificación, formulación y estructuración de proyectos integrales y sostenibles que, además de generar energía, apoyen el crecimiento y el desarrollo de las comunidades rurales de los departamentos objeto de este estudio.

Con el fin de llegar a las políticas públicas se realiza un acercamiento institucional en los diferentes municipios para dar a conocer los planes de energización rural sostenible, así como también recopilar y clasificar información sobre los actores relevantes, actividades productivas, proyectos de energización propuestos para las zonas rurales que demanden recursos energéticos en los procesos de producción e industrialización.

Luego se inicia con la búsqueda de información secundaria necesaria para el desarrollo de la investigación y posteriormente la recolección de información primaria en el trabajo de campo en los diferentes municipios del departamento de Arauca.

La información secundaria se obtiene en la base de datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos donde se revisa y compila el consumo de energía eléctrica en el departamento de Arauca durante el período 2012 - 2016 y en los diferentes municipios del departamento se analiza para el año 2016 en los que se observan la cantidad de suscriptores y consumo de energía eléctrica. Luego se explica la aplicación de la fórmula para hallar el marco muestral de una población finita para aplicar las encuestas pertinentes en el trabajo de campo, así como la distribución geográfica para determinar los lugares de ejecución de la muestra.

Para la obtención de la información primaria se aplicaron dichas encuestas desarrolladas en los Planes de Energización Rural Sostenibles Región Orinoquia en las que se pregunta por el consumo de energía en las viviendas (ya sea eléctrica o de alguna fuente alternativa), iluminación, consumo de leña, consumo de gasolina

y gas propano, información que es usada para la determinación de la demanda energética en el sector residencial en el departamento de Arauca.

Una vez recolectada la información, se compila y caracteriza el consumo energético en los diferentes municipios, se analizan las fuentes alternativas de energía existentes en el departamento, el consumo de energía eléctrica por región, la valoración económica y ambiental del consumo de la leña, la participación de los diferentes equipos y electrodomésticos en el consumo de energía eléctrica por vivienda y el consumo eficiente de esa energía en el sector residencial del departamento de Arauca.

Las etapas de demanda caracterizada identificada en las zonas rurales proveen información actual sobre la situación energética en el departamento. Así mismo, las siguientes etapas se basan en la formulación de proyectos integrales sostenibles de mediano y largo plazo para establecer un lineamiento de política energética en las regiones beneficiadas por el proyecto, con el fin de mejorar la calidad de vida de estas poblaciones, además de reducir el uso de fuentes de energía no renovable para contribuir en el cuidado del medio ambiente.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Se hace necesario llevar a cabo un estudio de consumo de energía eléctrica en zonas rurales del departamento de Arauca, generando un análisis de la problemática de energización, con el fin de dar soluciones integrales que involucren tanto a los agentes afectados como los entes encargados de la región. Para el departamento de Arauca, es de vital importancia esta investigación, ya que sin indicadores ni medición de parámetros de consumo de energía eléctrica no se podrá tener un análisis, diagnóstico ni un control, puesto que éstas son herramientas claves para dar a la comunidad una visión certera en la toma de decisiones.

Involucrando al gobierno en esa toma de decisiones, después de realizar el diagnóstico y análisis con el fin de solucionar los problemas específicos de la comunidad, se logrará la creación de las denominadas políticas públicas para el planteamiento de problemas y soluciones.

1. INTRODUCCIÓN

El departamento de Arauca está situado en el extremo norte de la región de la Orinoquía colombiana, tiene una superficie de 23.818 Km² y limita en el norte y el este con la República Bolivariana de Venezuela, por el sur con los ríos Meta y Casanare, que lo separan del departamento del Vichada y Casanare y por el oeste con el departamento de Boyacá. Según las estimaciones del DANE, para el año 2017 el departamento cuenta con una población de 267.992 personas y una estimación de viviendas de 63.832 en donde 3463 no cuentan con cobertura de energía eléctrica según el PIEC.

Por lo tanto, la investigación surge del reconocimiento de la problemática asociada con la expansión de la cobertura existente para la energía eléctrica, dadas las características de la población con necesidades básicas insatisfechas altas como son la baja capacidad de generación de ingreso, el uso restringido o ausencia de otros servicios públicos, los bajos niveles de educación, la carencia de información detallada que pueda determinar el crecimiento del consumo energético de forma confiable, la baja capacidad de pago por parte de los usuarios vs incremento en los costos de expansión del servicio de energía eléctrica, el desconocimiento y escaso aprovechamiento de los potenciales de recursos energéticos de las áreas rurales, especialmente, de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), desinterés de los operadores de redes en atención de mercados dispersos debido a la baja demanda y a los altos costos de administración, operación y mantenimiento.

Por consiguiente, se plantea el estudio del consumo de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento de Arauca con el fin de analizar la problemática de energización en el territorio y dar soluciones integrales que involucren tanto a los agentes afectados como los entes encargados de la región. Al mismo tiempo se busca la articulación del gobierno con los diferentes actores en la creación de políticas públicas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida en las comunidades rurales.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, según las proyecciones del PERS Guajira en el año 2015 el país cuenta con 13'993.569 viviendas en sus 32 departamentos que lo componen, con un índice de cobertura de energía eléctrica aproximado del 96,96%, en donde el 94,4% de las viviendas se encuentran conectadas al sistema de interconexión nacional y el 1,7% no lo está. Por lo tanto, el 3,04% restante no se beneficia de la cobertura eléctrica que traducido a cantidades de viviendas estamos hablando de unas 425.212.

En el departamento de Arauca el comportamiento es similar al del país, se cuenta con un estimado de 63.832 viviendas de las cuales el 94,57% de ellas poseen cobertura eléctrica. El sistema de información eléctrica discrimina la cobertura eléctrica tanto para la zona urbana como para la rural, para el año 2015 la zona urbana del departamento cuenta con una cobertura eléctrica del 100% mientras que la zona rural con un 83,52%. Lo que quiere decir que unas 3463 viviendas rurales no cuentan con el servicio eléctrico a partir del sistema de interconexión nacional. Numerosas variables hacen que estas zonas no posean cobertura eléctrica como lo es la baja capacidad de pago por parte de los usuarios vs incremento en los costos de expansión del servicio de energía eléctrica por otro lado el desinterés de los operadores de redes en atención de mercados dispersos debido a la baja demanda y a los altos costos de administración, operación y mantenimiento. Por consiguiente, la formulación e implementación de proyectos de energización en estas comunidades son deficientes o escasos.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para ofrecer una solución de energía eléctrica es necesario conocer la demanda de energía requerida con el fin de suplirla. Tanto en el país como en el departamento de Arauca no se conoce con exactitud el consumo de las zonas, tanto de las no interconectadas como las interconectadas.

A fin de conocer la demanda, se pretende formular un proyecto con carácter social bastante alto pretendiendo conocer la demanda energética en las zonas rurales del municipio de Arauca a fin de cumplir un objetivo del proyecto Planes de Energización Rural Sostenible en la región de la Orinoquia (PERS Orinoquia).

Dentro del marco de la metodología PERS se pretende la realización de un diagnóstico energético de las zonas rurales de los siete municipios que cuenta el departamento de Arauca. Como primera medida se busca determinar las características, los usos y consumos de energía de las comunidades del sector rural en tres sectores principales, residencial, comercial e institucional.

Por lo tanto, el trabajo se realiza con el fin de identificar el consumo energético por usos como iluminación, refrigeración, calefacción, adecuación de ambiente y cocción. Cuando se menciona consumo energético hace referencia al gasto de energía eléctrica y otros tipos de energía como combustibles fósiles.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Caracterizar el consumo básico de energía por uso y fuente en el sector residencial de las zonas rurales representativas en los siete municipios de Arauca, mediante una metodología de muestreo basado en parámetros propuestos.

4.2. Objetivos específicos

- Consultar e indagar sobre el consumo de energía en los municipios de Arauca. Buscar información sobre las fuentes de energía que manejan en las zonas rurales del departamento de Arauca.
- Analizar la información obtenida organizándola para su posterior implementación en la búsqueda de ideas que satisfagan los parámetros propuestos.
- Brindar apoyo en la aplicación de las encuestas para los habitantes que sean parte de los indicadores poblacionales propuestos.
- A través de los instrumentos de recolección de información otorgados realizar una medición correcta del consumo energético (eléctrica, gas natural, leña) en las zonas rurales q hagan parte del sector de estudio en los municipios de Arauca.
- Caracterizar la información obtenida en el trabajo de campo en los municipios de estudio.

5. MARCO DE REFERENCIA

El diseño e implementación de la metodología PERS Nariño, llevado a cabo por la Universidad de Nariño con entidades vinculadas al Ministerio de Minas y Energía, como son la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE) y el Programa de Energía Limpias para Colombia (CCEP) de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), tuvo un importante impacto en la generación de políticas energéticas en las zonas rurales de difícil acceso a energía eléctrica en el departamento.

Debido a su éxito, el Gobierno Nacional y el Ministerio de Minas y Energía en con el fin de motivar la realización de este tipo de proyectos a nivel nacional, mediante la creación de la ley 1715 de 2014, que regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional y prioriza la implementación de proyectos incorporados en los PERS.

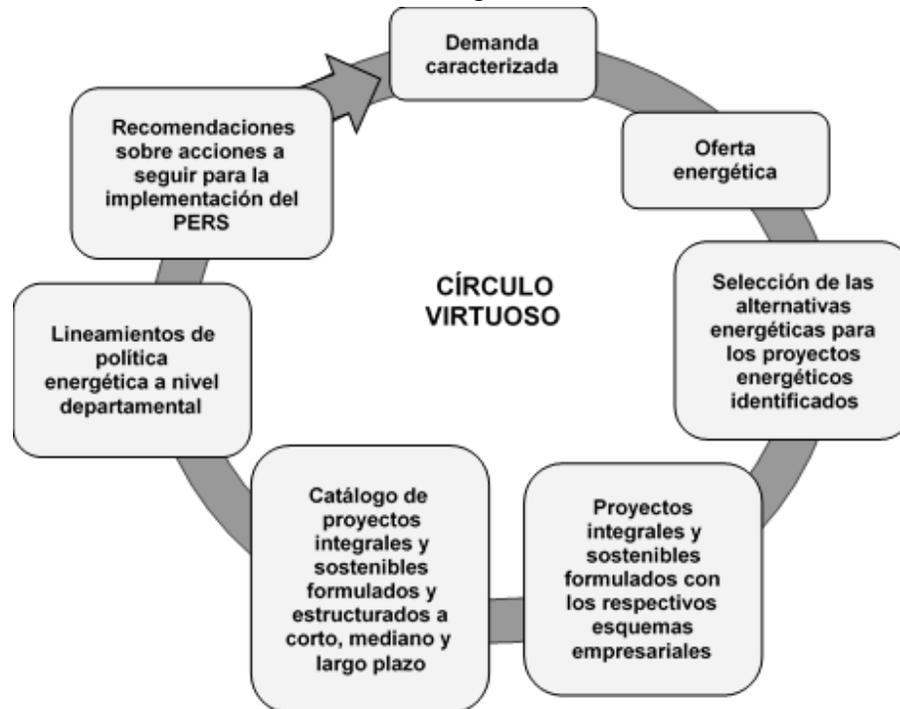
Partiendo de la información publicada por PERS Nariño sobre de la metodología empleada para la realización de proyectos PERS, en la región de la Orinoquia, la Universidad de los Llanos será la institución ejecutora del proyecto PERS con el apoyo de la UPME, IPSE y USAID. A diferencia de los demás PERS realizados a nivel nacional, PERS Orinoquia se encargará de la implementación en los cuatro departamentos que constituyen la Orinoquia colombiana: Arauca, Meta, Vichada y Casanare.

Esta metodología comprende un proceso inicial de recopilación y clasificación de información disponible en fuentes secundarias (Alcaldías, Gobernación, Secretarías de planeación, entre otros) sobre ubicación geográfica, actividades productivas que demanden recursos energéticos y proyectos de energización propuestos para las zonas rurales e identificación de potenciales FNCER en los departamentos de la Orinoquia.

Según lo expuesto en el círculo virtuoso de la metodología PERS (ver *Gráfica 1*), las etapas de demanda caracterizada y oferta energética identificada en las zonas rurales proveen información actual sobre la situación socio-económica y energética en la región. Las etapas posteriores se basan en la formulación de proyectos integrales sostenibles de mediano y largo plazo con el fin de establecer un

lineamiento de política energética en las regiones beneficiadas por el proyecto, con lo que mejora de la calidad de vida de estas poblaciones, además de mitigar el uso de fuentes de energía no renovable con el fin de contribuir a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Gráfica 1 Círculo virtuoso de la metodología PERS



Fuente: Presentación PERS Nariño - IPSE.

6. ESTADO DEL ARTE

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) publicó un estado del arte de los documentos dedicados al sector agrícola, que está centrado en los enfoques del desarrollo rural [Echeverri et al. 2003] [1]. El documento resalta el trabajo de Ellis y Biggs [2001] [2], el cual distingue entre el desarrollo conceptual de la academia y la práctica del desarrollo rural que tienen los gobiernos y las delegaciones de cooperación. Desde el punto de vista conceptual, el trabajo se encamina por el ámbito económico, cuya producción se agrupa en cuatro modelos: la economía dual, que opone el atraso a la modernización, propia de los años cincuenta y mediados de los setenta; la visión de los pequeños productores como agentes económicos eficientes y racionales, que predominó a mediados de los setenta y aún hasta el presente; el enfoque de proceso, participación y empoderamiento, típico de los ochenta, y el enfoque hacia los medios de vida sostenible, que se desarrolló desde los ochenta en adelante.

Se considera que el programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI) ha sido el programa gubernamental más sólido para la agricultura campesina, y que es “el mecanismo de articulación más importante de los pequeños productores a la imagen deseada del productor rural”. Luego del cambio de la reforma agraria como eje de la política campesina, el DRI se orientó a mejorar la productividad de los pequeños campesinos. Es decir, a través del DRI el problema fundamental del campesinado en Colombia dejó de ser el acceso a la tierra y pasó a ser el acceso al progreso técnico [3].

En la India se desarrolló un modelamiento del consumo de energía eléctrica en Delhi realizado por Manish Ranjan y V.K. Jain [4] de la Jawaharlal Nehru University. Durante el período de 1984 hasta 1993 se analizaron los datos como una función de la población y los parámetros sensibles al clima y se desarrollaron modelos lineales de regresión múltiple del consumo de energía para diferentes estaciones del año. Estos modelos explican las variaciones de consumo durante las temporadas de invierno, verano y después de los monzones.

También México ha avanzado en los estudios de demanda en el país, de acuerdo al trabajo realizado por Martín Maqueda y Luis Sánchez donde se presentaron los perfiles del comportamiento de la demanda de energía eléctrica de las regiones central y peninsular a partir de la información de consumos del Centro Nacional de

Control de Energía (CENACE) y los perfiles de demanda de energía eléctrica de usuarios domésticos obtenidos mediante las mediciones realizadas a un grupo específico de usuarios y también se mostró el perfil de demanda de los principales equipos electrodomésticos. Estos perfiles generaron curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de las dos regiones mencionadas. [5]

En Chile se han realizado varios estudios de demanda en el país, uno de ellos realizado por Claudio A. Agostini, M. Cecilia Plottier y Eduardo H. Saavedra de la Universidad de Chile muestra la factibilidad de realizar manejo de la demanda como parte de una política de eficiencia energética y así hacer frente a variaciones negativas de oferta de energía eléctrica en Chile. Este estudio se realiza en un contexto de demanda creciente y oferta estocástica de energía en Chile para así utilizar mecanismos de flexibilización de precios con el fin de reducir posibles déficits de energía en el futuro. [6]

Otro estudio realizado en Chile por José Miguel Benavente, Alexander Galetovic, Ricardo Sanhueza y Pablo Serra de la Universidad de los Andes de Chile, muestra una estimación de la demanda residencial por energía eléctrica con datos mensuales de 18 distribuidoras de electricidad entre enero de 1995 y diciembre de 2001. El trabajo también propone una metodología para estimar paneles dinámicos con datos mensuales y procesos de ajuste no instantáneos donde el número de individuos de los períodos son relativamente pequeños. [7]

En Colombia Andrés Felipe Barrientos, Javier Olaya, Víctor Manuel González de la Universidad de Cali, realizaron un trabajo de modelamiento de la demanda diaria de energía eléctrica en una región del suroccidente colombiano, mediante la implementación de modelos de regresión no paramétrica usando factores tales como hora del día, día de la semana y mes, entre otros. Los datos empleados en el desarrollo de este proyecto provienen de una compañía local y la información disponible va desde enero de 2001 hasta noviembre de 2004. Estos datos muestran un comportamiento complejo, difícil de modelar con la teoría básica de los métodos paramétricos entonces se eligió estimarla utilizando modelos de regresión no paramétrica. [8]

7. MARCO TEÓRICO

8.1. Energía

Es una magnitud física que se presenta en distintas formas, está involucrada en todos los procesos de cambio de estado, se transforma y transmite dependiendo del sistema de referencia y fijado a este se conserva. Se asocia a una onda o partícula para su transmisión o intercambio, solo una parte de la energía transformada es capaz de producir trabajo, la otra se pierde en forma de calor o ruido (vibraciones mecánicas no deseadas) [4].

En las ciencias físicas existe una doble aceptación del término de energía: se puede utilizar tanto para designar un tipo específico de energía (cinética, magnética) o como para indicar el lugar de donde proviene o se almacena los diferentes tipos de energía (eólica, solar). No tiene mucho sentido para las ciencias físicas hablar de “energía” a secas, término que, aislado de algún otro que especifique el tipo de energía, no es una magnitud medible y carece de una definición concluyente [5].

Las fuentes de energía más importantes, además de la potencia humana y animal, son los recursos petroleros, el gas natural, el carbón, la energía hidráulica, la biomasa, la geotérmica, la nuclear, el viento y la solar. La electricidad es una de las energías con mayor impacto debido a su flexibilidad y fácil distribución [6].

8.2. Electricidad o energía eléctrica

La electricidad es una propiedad física de la materia. Consiste en aquella interacción negativa de los electrones y la positiva de los protones. Estas cargas se contrarrestan unas a otras para que el objeto resulte neutro (no cargado). A esto se le llama cargar eléctricamente.

La energía eléctrica se puede transmitir en todos los cuerpos, pero existen algunos que son mejores transmisores de energía eléctrica llamados conductores (como los metales) por el contrario, existen los aislantes (como el plástico) que simplemente no permiten el paso de la energía. En la mitad de los aislantes y conductores, están los materiales semiconductores que permiten el paso de la corriente bajo determinadas condiciones.

Gráfica 2 Materiales No conductores



Fuente: Elaboración propia

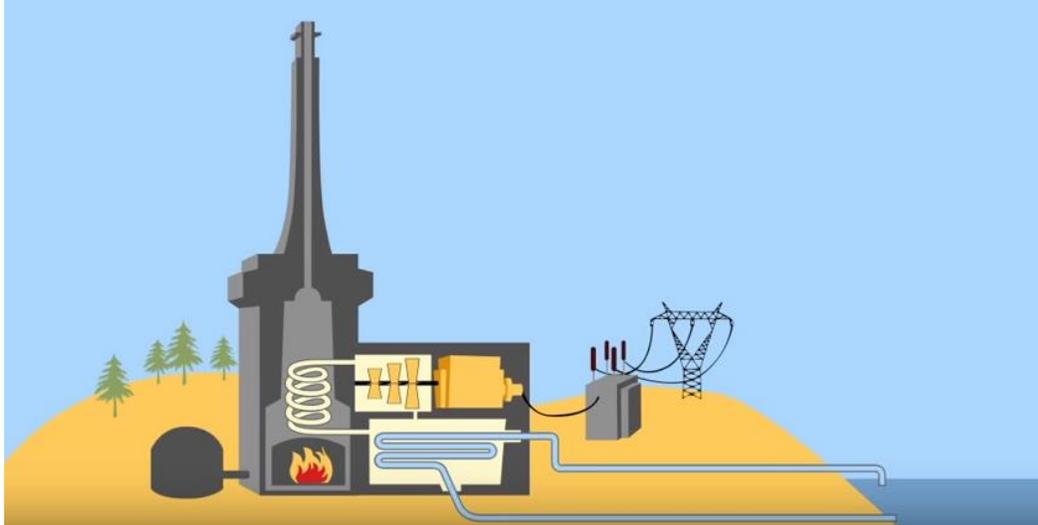
Gráfica 3 Materiales conductores



Fuente: Elaboración propia

Existen diversas formas a través de las cuales se puede obtener energía eléctrica transformando otras energías (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar, entre otras). Una de ellas es una central termoeléctrica, la cual es un lugar empleado para la generación de energía eléctrica a partir de calor, una termoeléctrica consiste en una caldera donde se quema un combustible que calienta unos tubos que transportan agua al punto de evaporarla, con el vapor obtenido a alta presión y temperatura mueve un alternador que genera la electricidad.

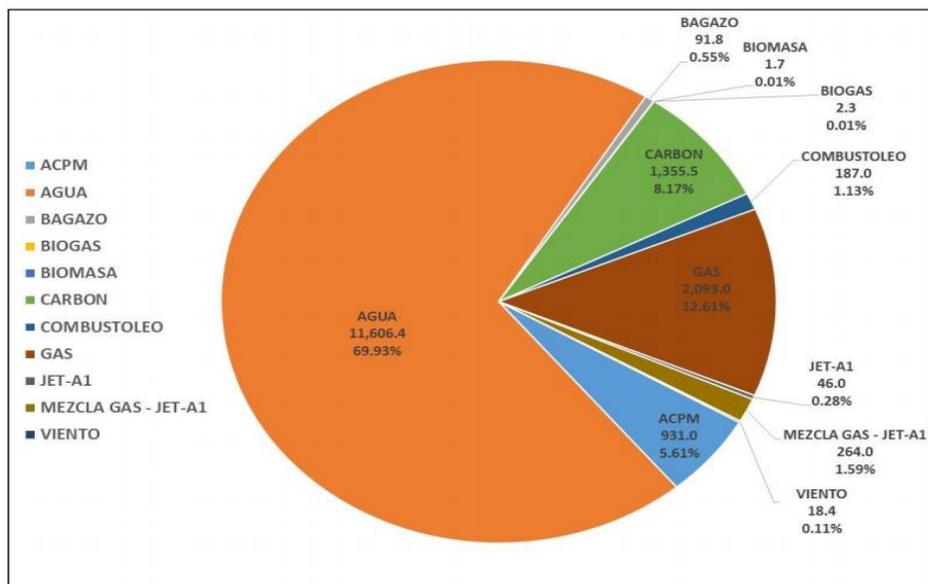
Gráfica 4 Esquema de una central termoeléctrica



Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano

En el país las centrales hidroeléctricas tienen una participación de generación de energía eléctrica del 69,93% y en segundo lugar se ubican las termoeléctricas (gas o carbón) las cuales alcanzan de manera agregada un 20,78%. En la Gráfica 5 se observa el recurso empleado para la generación de energía eléctrica en Colombia.

Gráfica 5 Participación por tecnología en la generación de energía eléctrica



Fuente: Sistema de Información Eléctrico Colombiano

En el contexto mundial la mitad de la electricidad producida se usa en edificios y casa habitacionales, una tercera parte en el sector industrial, menos de 1/10 en perdida de los sistemas de transmisión y distribución, el resto en aplicaciones de transporte eléctrico, alumbrado público etc. [6].

8.3. Cobertura eléctrica:

El índice o porcentaje de cobertura eléctrica es un indicador de desarrollo y se define para una unidad territorial dada como la relación entre el número de viviendas ocupadas con acceso al servicio eléctrico y el número total de viviendas ocupadas. Este índice muestra el esfuerzo que ha hecho el país para distribuir, entre todos sus habitantes, las posibilidades de mejor calidad de vida y las oportunidades económicas que ofrece el acceso al servicio eléctrico.

Se debe notar que el concepto de cobertura es distinto al de conexión. Una vivienda tiene acceso o cobertura al servicio eléctrico si está cerca de la red pública, y es independiente de si tiene efectivamente una conexión o no. una vivienda con cobertura podría no estar conectada por razones económicas o por decisión de su propietario. [7]

También es útil resaltar que la cobertura se refiere al acceso a una red pública de distribución. Por lo tanto, las viviendas aisladas que tienen electricidad gracias a soluciones locales, tales como sistemas fotovoltaicos o pequeños saltos hidroeléctricos, no hacen parte del índice de cobertura eléctrica [7].

Actualmente no se cuenta con una cobertura mayor del 96,96% en el país, debido principalmente, la relación del costo por usuario que representa para el gobierno llevar interconexión eléctrica hasta las regiones apartadas, dificulta la cobertura total de la población.

8.4. Sector empresarial de energía eléctrica

Más de 19 empresas producen el 93% de la energía del país. Además, una decena son transmisoras de energía eléctrica. EMGESA S.A. E.S.P tiene la mayor participación en el mercado, con el 20,96% seguida por las empresas públicas de Medellín con el 20,96% e ISAGEN S.A.E.S.P con el 18,01%. En la Tabla 1 se

observa las empresas con mayor participación en el mercado. Por otro lado, la empresa Interconexión Eléctrica S. A. (ISA) es la mayor transportadora internacional puesto que es propietaria de cerca del 75% de la red, con más de 41.000 km de circuito a alta tensión.

La cobertura eléctrica colombiana cuenta con interconexiones que le permiten realizar intercambios de electricidad con Ecuador y Venezuela. Casi la totalidad de intercambios se realizan con el país de Ecuador, para el año 2016 se exportaron 127 MWh/mes e importaron 929,89 MWh/mes mientras que con Venezuela las exportaciones fueron de 24,99 MWh/mes y las importaciones de 0,24 MWh/mes.

Tabla 1 Empresas generadoras con mayor impacto en el mercado eléctrico en el país

Agente	Capacidad Instalada [MW]	Capacidad Instalada [%]
EMGESA S.A. E.S.P.	3479	20,96
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLÍN S.A.E.S.P.	3478,8	20,96
ISAGEN S.A.E.S.P.	2988,9	18,01
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A.E.S.P.	1049,9	6,33
AES CHIVOR & CIA.S.C.A.E.S.P.	1000	6,03
TERMOBARRANQUILLA S.A.E.S.P.	918	5,53
ZONA FRANCA CELSIA S.A E.S.P.	610	3,68
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	450	2,71
EMPRESA URRRA S.A.E.S.P.	338	2,04
TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.	328	1,98
GESTION ENERGÉTICA S.A. E.S.P.	327	1,97
TERMOCANDELARIA S.C.A. -E.S.P.	314	1,89
OTROS AGENTES	1315,5	7,93
TOTALES	16597,1	100

Fuente: Sistema de información eléctrico Colombia

8.5. El clima en la generación de energía eléctrica

En Colombia el 69,93% de la generación de energía eléctrica es a través de hidroeléctricas, seguido con un 20,78% de generación térmica, tanto las hidroeléctricas como las termoeléctricas dependen del agua para mover sus turbinas. Es por esto que el cambio climático puede afectar el sector eléctrico del país, ya que un cambio en el régimen de lluvias afecta la producción de vatios-hora.

Es evidente la importancia de generación de energía a través de fuentes no convencionales, como la energía solar, eólica, biomasa, etc. En la actualidad el banco interamericano de desarrollo (BID) trabaja de la mano con la unidad de planeación minero energética (UPME) en la búsqueda de barreras técnicas y los elementos indispensables para establecer un marco regulatorio que promueva el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía sin afectar la estabilidad del mercado.

En el país actualmente existen un parque eólico ubicado en el departamento de la guajira, posee 15 aerogeneradores con una capacidad de generación de energía de 18,42 MW. También está la primera granja fotovoltaica del país llamada Celsia Solar Yumbo ubicada en el departamento del valle del cauca con una capacidad de generación instalada de 9,8 MW.

8.6. Demanda de Energía Eléctrica

Es la carga en GW por hora solicitados en un tiempo determinado, en Colombia alcanzo 66.318 GWh para el año 2016, con un incremento de 144 GWh respecto al 2015, el sistema de información eléctrica SUI suministra estimaciones de consumos hasta el año 2031. En la *Tabla 2* se observan los tres posibles escenarios (alto, medio y bajo) de consumos en los próximos 15 años y cuyo aumento será aproximadamente del 50% para el escenario de consumo alto y aproximadamente de un 47% para el escenario de bajo consumo.

Tabla 2 Estimación de consumos de energía eléctrica desde el 2017 hasta el 2031

Año	PROYECCIÓN GWH		
	Esc. Alto	Esc. Medio	Esc. Bajo
2017	68.601	67.757	66.920
2018	72.409	70.701	69.009
2019	74.723	72.972	71.236
2020	77.134	75.338	73.558
2021	79.607	77.764	75.937
2022	81.734	79.842	77.967
2023	83.632	81.691	79.767
2024	85.699	83.707	81.732
2025	87.956	85.910	83.881
2026	90.275	88.173	86.089
2027	92.674	90.514	88.371
2028	95.161	92.940	90.737
2029	97.787	95.504	93.239
2030	100.529	98.180	95.851
2031	103.462	101.043	98.644

Fuente: 1 Sistema de Información Eléctrica Colombiano

8.7 Responsabilidades por la prestación de servicio de energía eléctrica en Colombia

Desde 1995 el sector energético colombiano cuenta con un mercado energético liberalizado que se caracteriza por un marco que desagrupa generación, transmisión, distribución y comercialización. La estructura del mercado se basa en las leyes 142 (Ley de servicios públicos) y 143 (Ley de Electricidad) de 1994. En la Gráfica 6 se visualiza el marco institucional del sector energético encabezado por el Ministerio de Minas y Energía y entidades adscritas como la Unidad de Planeación Minero – Energética UPME y la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG.

La UPME tiene como objetivo principal planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con las entidades del sector minero energético, tanto entidades públicas como privadas, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros, producir y divulgar la información minero energética requerida. Por otra parte, el CREG tiene por objeto regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas

combustible, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abusos de la posición dominante, y produzcan servicios de calidad.

Gráfica 6 Marco institucional del sector eléctrico en Colombia



Fuente: unidad de planeación minero energética

8.8 Mercado energético en Colombia

El negocio de la energía eléctrica está compuesto por cuatro ítems. Generación, transmisión, distribución y comercialización. La generación como se menciona anteriormente es la producción de energía a partir de fuentes primarias, la transmisión es el transporte de energía a niveles de tensión superiores a 220 Kv, la distribución es el transporte de energía a niveles de tensión menores de 220 Kv y por último la comercialización es la compra de energía en el mercado mayorista y venta al detal al usuario

8.9 Sistemas de información geográfica (SIG)

El SIG es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. No

obstante, debido a su consideración como sistema, los SIG son denominados una serie de elementos relacionados entre sí para la resolución de problemas. Estos elementos van desde conjuntos de metodologías y procedimientos hasta software especializado en el análisis de información geográfica. En el sector energético colombiano los sistemas de información geográfica son fundamentales ya que están presentes en cada una de las etapas de la cadena de energía, es decir, desde la generación hasta la comercialización.

Algunas propiedades básicas de los SIG son:

- Sistemas diseñados para visualización de información geográfica en forma de mapas.
- Su funcionamiento se basa en la localización de un elemento geográfico representado por figuras geométricas (puntos, líneas y polígonos) y su información temática asociada.
- Incluye herramientas necesarias para el acondicionamiento y análisis de la información geográfica.

8.9 Construcción y componentes de un SIG

la construcción e implementación de un SIG, es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios para la generación de un SIG, son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero para un SIG, hay que considerar características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización. [8].

En la *Gráfica 7* se observan los diferentes componentes de un SIG. Los datos probablemente son la parte más importante de un sistema de información geográfica, ya que contienen la información necesaria para la existencia de este. Los métodos tienen la finalidad de establecer la estructura de un SIG. Por otro lado, el software y hardware son los encargados de dar vida al procesamiento digital de los datos y métodos del SIG. El recurso humano es el encargado de utilizar e implementar lo anterior.

Gráfica 7 Componentes de un SIG



Fuente: Elaboración propia

Uno de los objetivos de los formularios de recolección de información diseñados por el proyecto PERS Orinoquia fue obtener los datos requeridos por el SIG, discriminando por sector de importancia (residencial, comercial, oficial y agropecuario).

8.11 Encuesta

Una encuesta es una investigación realizada sobre una muestra representativa de una población, mediante el uso de cuestionarios diseñados en forma previa para la obtención de información específica. “Además, la encuesta es una técnica de investigación que consiste en una interrogación verbal o escrita que se le realiza a las personas con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación”. [9]

Tipos de encuestas

De acuerdo a la información requerida y del presupuesto de ejecución se decide qué tipo de encuesta se debe emplear. Existen varios prototipos de encuestas entre ellos:

- Entrevista personal: incluye las entrevistas en sitios privados como en hogares o lugares de trabajo, también las realizadas a las personas que pasan por la calle y a personas en un lugar específico como los visitantes a una institución financiera; en este tipo de encuestas la información puede llegar a ser detallada.
- Entrevistas telefónicas: son entrevistas con un costo menor a las entrevistas personales, pero se limitan a personas que cuenten con teléfonos y es difícil verificar que la muestra seleccionada sea realmente la que responde las preguntas.
- Entrevista por correspondencia: este tipo de encuesta es menos costosa monetariamente, pero no hay manera de asegurar que la encuesta será contestada y enviada de vuelta. También se limita solo a quienes tengan acceso a internet.

Una vez seleccionado el tipo de encuesta se define el universo y la muestra. El universo es toda la población al cual serán aplicables las conclusiones de las encuestas.

8.12 Muestra estadística

Una muestra es una porción o un subconjunto de individuos de una población de la cual se pretende poder inferir propiedades de la totalidad de la población. Para que esto sea posible la muestra debe ser representativa de la población y se debe escoger una técnica de muestreo adecuada que produzca una muestra aleatoria esto con el fin de obtener una información similar a la de un estudio exhaustivo con mayor rapidez y menor costo.

El número de sujetos que componen una muestra suele ser menor a la población, aunque suficientemente grande para la estimación de parámetros, por otra parte, la muestra puede ser más exacta que el estudio exhaustivo debido al manejo de menos datos lo que provoca menos errores en su manipulación.

9 METODOLOGÍA

Con el fin de caracterizar y analizar el consumo energético en el departamento de Arauca se establecen cuatro diferentes etapas:

- La primera etapa del proceso, correspondiente a la recopilación de datos del SUI, consiste en obtener los datos que tiene la entidad encargada de registrar los indicadores y reportes de información de los Servicios Públicos Domiciliarios de todo el país.
- En la segunda etapa se explica el proceso de obtención de la muestra estadística y el lugar de ejecución en el departamento de Arauca para aplicar la herramienta de recolección de información.
- La tercera etapa consiste en la aplicación de las encuestas en las zonas rurales de los diferentes municipios del Arauca y la compilación de esa información.
- En la cuarta etapa se caracteriza el consumo de energía por uso y fuente en los diferentes municipios del departamento de Arauca de acuerdo a la información obtenida de la aplicación de las encuestas.

9.1 Análisis del Consumo eléctrico en el departamento de Arauca entre los años 2012-2016 (SUI)

El departamento de Arauca tiene una extensión de 23.818 km² distribuidos en 26 resguardos indígenas y siete municipios: Arauca (capital), Arauquita, Cravo Norte, Fortul, Puerto Rondón, Saravena y Tame. El departamento posee una gran variedad de ecosistemas como la cordillera oriental (donde se encuentra el nevado del Cocuy), el piedemonte y la llanura aluvial, todos ellos con gran cantidad de fuentes hídricas, lo que le permite contar con una amplia oferta energética de recursos renovables [10, p. 7].

En temas de energía, el principal operador que suministra energía eléctrica en el departamento es la empresa de Energía de Arauca (ENELAR), también existen numerosas empresas prestadoras del servicio como lo son la Electrificadora del Caribe, la Energía empresarial de la costa S.A.E.S.P, ISAGEN.E.S. P, entre otras,

pero la cantidad de suscriptores que manejan es muy baja comparadas con ENELAR.

El sistema único de información de servicios públicos domiciliarios (SUI) es el encargado de recoger, almacenar, procesar y publicar la información suministrada por los operadores y entidades territoriales encargadas de los servicios públicos.

La información que actualmente registra el SUI es la del periodo comprendido entre los años 2003 y 2016 sobre los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía, gas natural y GLP; sin embargo, para la presente investigación sólo se tiene en cuenta el intervalo de años 2012 - 2016 del servicio de energía eléctrica ya que se pretende analizar el último lustro.

A continuación, se hace un análisis departamental del consumo energético. En la Tabla 3 se observa el consumo energético y la cantidad de suscriptores en el último quinquenio discriminado por año. Allí se puede observar una variación positiva tanto en el consumo como en los suscriptores durante el transcurso de los años, lo que se traduce en un incremento en la cobertura de energía eléctrica.

Tabla 3 Consumo de energía eléctrica en el departamento de Arauca

AÑO	Consumo (GWh)	Suscriptores
2016	162,10	68.076
2015	151,38	64.588
2014	147,92	60.905
2013	140,52	57.946
2012	109,83	55.715

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

La información manejada por el SUI tiene un buen nivel de desagregación. Es decir, permite identificar el consumo de energía y suscriptores según zona urbana o rural de acuerdo al tipo de suscriptor (residencial, comercial, industrial e institucional). Seguidamente se hace un análisis por zonas a nivel departamental.

9.1.1 Consumo de energía eléctrica en la zona rural del departamento de Arauca para los años 2012-2016

Según el DANE se cataloga como zona rural al conjunto de viviendas y explotaciones agropecuarias que están dispersas, las cuales no cuentan 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 del área urbano [11].

En la zona rural del departamento de Arauca, en el transcurso de los años 2012-2016, se evidencia el incremento en la cantidad de suscriptores, así mismo el incremento en el consumo rural departamental. En la *Tabla 4* se visualiza el consumo de energía eléctrica y la cantidad de suscriptores en los últimos 5 años, cabe resaltar que en los datos registrados en la tabla están incluidos todos los sectores (residencial, comercial, oficial e industrial).

Tabla 4 Consumo de energía eléctrica en el departamento de Arauca en la zona rural

Año	Consumo (GWh)	Suscriptores rurales
2016	27,19	18.995
2015	24,57	17.434
2014	21,41	15.598
2013	18,27	14.481
2012	12,73	13.879

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.1.2 Consumo de energía eléctrica en la zona urbana del departamento de Arauca para los años 2012-2016

Se considera como zona urbana al conjunto de edificaciones y estructuras contiguas agrupadas en manzanas, las cuales están delimitadas por calles, carreras o avenidas, principalmente. Cuenta por lo general, con una dotación de servicios esenciales tales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, hospitales y colegios, entre otros. En esta categoría están incluidas las ciudades capitales y las cabeceras municipales restantes [11].

A continuación, en la *Tabla 5* se presenta el consumo de energía eléctrica en la zona urbana del departamento de Arauca. Donde se evidencia que el consumo en la zona urbana del departamento para el año 2016 es aproximadamente de 135 KWh para una cantidad de suscriptores de 49.081 siendo tanto el consumo como la cantidad de suscriptores son las más alta registrada ante el SUI. Si se hace un análisis de año a año se evidencia el incremento anualmente de las dos variables.

Tabla 5 Consumo de energía eléctrica en la zona urbana del departamento de Arauca.

AÑO	Consumo urbano (GWh)	Suscriptores urbanos
2016	134,91	49.081
2015	126,80	47.154
2014	126,50	45.307
2013	122,24	43.465
2012	97,09	41.836

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

El consumo que suministra el SUI está discriminado tanto por departamento como por municipio, lo cual permite hacer un análisis municipal del departamento de Arauca. A continuación, se estudia el consumo de energía eléctrica en la zona urbana y rural de cada uno de los municipios para el año 2016.

9.2 Análisis del consumo eléctrico en los municipios del departamento de Arauca en el año 2016

A continuación, se muestra un análisis de cada uno de los municipios de Arauca en cuanto a número de suscriptores y consumos en el año 2016 tanto en la zona rural como urbana, también se subdivide en dos sectores, residencial y sector no residencial, el sector no residencial incluye los sectores comercial, industrial y oficial.

9.2.1 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Arauca para el año 2016

El municipio de Arauca es la capital del departamento, se encuentra ubicado en la parte nororiental del mismo, al sur del río Arauca limitando con Venezuela, con la

cual está conectada por el Puente Internacional José Antonio Páez. Tiene una superficie total de 5841 km² con una densidad de 14,1 hab./km². Cuenta con una población de 89.700 habitantes de acuerdo a proyecciones del censo del DANE [12, p. 27].

En cuestión de energía eléctrica el principal operador del municipio es la Empresa de Energía de Arauca (ENELAR) aunque hay dos empresas prestadoras de servicio más que reportan al SUI, las cuales son VATIA E.S.P y Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P.

En la Tabla 6 se muestra el consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Arauca para el año 2016 con una totalidad de 22.037 suscriptores para un consumo 78,14 GWh.

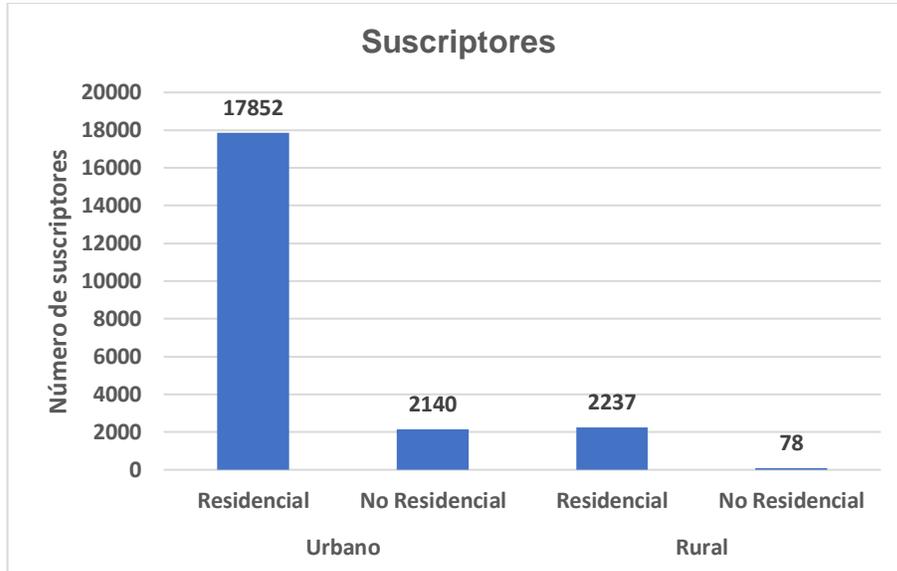
Tabla 6 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Arauca para el año 2016

Arauca	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	17.852	2140	2237	78
Consumo (GWh)	45,45	27,88	3,12	1,69

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

De acuerdo a la Gráfica 8, aproximadamente el 81% de los suscriptores son residenciales urbanos y tan solo el 10% son suscriptores rurales por lo que se dice que el municipio es bastante urbano. Al calcular la relación proporcional entre suscriptores y el consumo eléctrico observado en la Gráfica 9, el mayor consumo se concentra en los suscriptores rurales no residenciales y el menor en los suscriptores rurales residenciales, esto puede ser por la falta de acceso a la conexión eléctrica de las viviendas y a la demanda requerida por los sectores no residenciales en el área rural.

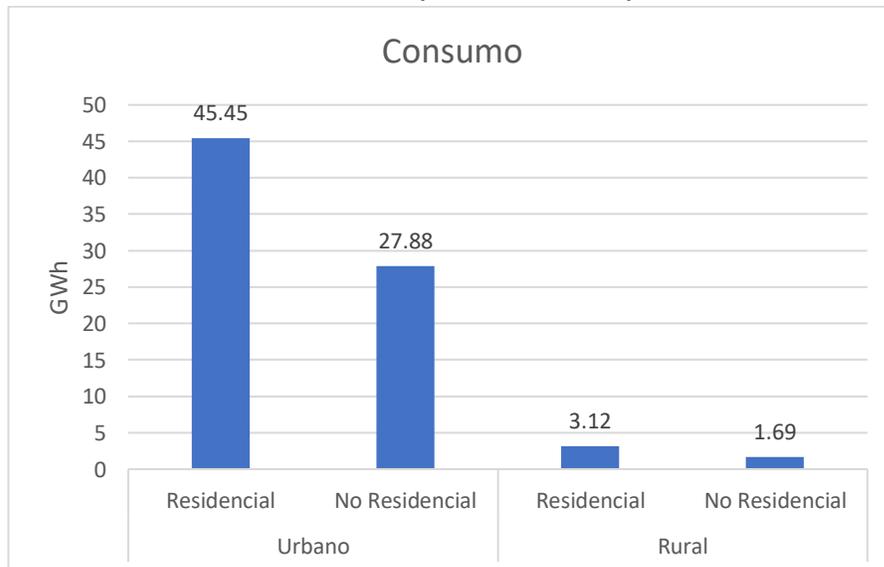
Gráfica 8 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Arauca para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Aproximadamente el 94% del consumo de energía corresponde a los suscriptores de las zonas urbanas debido a la mayor cantidad de usuarios que posee esta zona como se observa en la Gráfica 9.

Gráfica 9 Consumo eléctrico del municipio de Arauca para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

La mayor parte del consumo es suministrado por la Empresa de Energía de Arauca, aunque VATIA E.S.P registra un consumo de 31,03 KWh en el sector comercial y la empresa Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P registra 562,8 KWh en el sector comercial. En el consumo rural y urbano están incluidos todos los sectores (residencial, industrial, comercial y oficial).

9.2.2 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Arauquita para el año 2016

El municipio de Arauquita está ubicado en la República de Colombia sobre la margen derecha del Río Arauca. en el sector norte y centro del departamento de Arauca, tiene una extensión territorial de aproximadamente de 3281,23 km² con una densidad de 13,5 hab/km² [13, p. 77]. Cuenta con una población de 48.747 habitantes de acuerdo a proyecciones del censo del DANE [14].

La principal empresa prestadora del servicio público de energía en el municipio es ENELAR la cual junto a VATIA S.A.E.S.P y ISAGEN. E.S.P suministran el servicio a los 11.887 suscriptores que posee el municipio que consumen 19,56 GWh en el año.

Tabla 7 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Arauquita para el año 2016

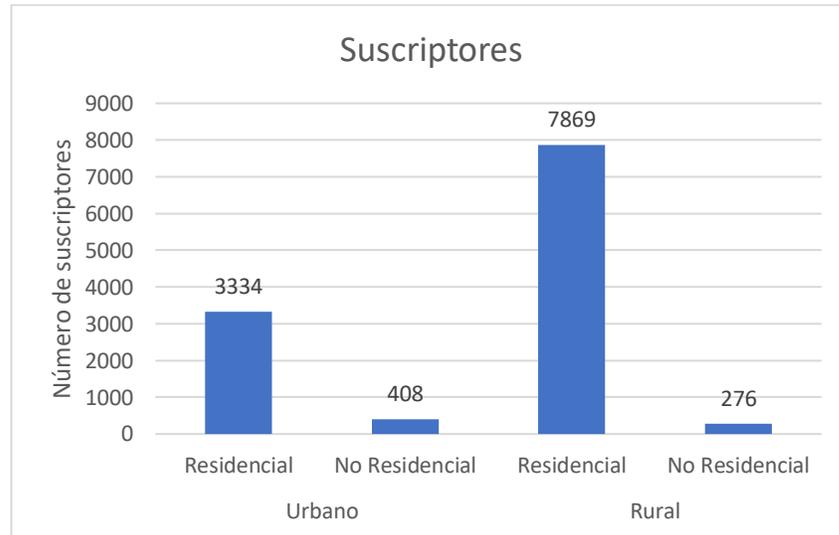
Arauquita	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	3334	408	7869	276
Consumo (GWh)	5,09	3,06	8,86	2,55

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

La cantidad de suscriptores rurales es más del doble de los suscriptores urbanos por lo que se puede decir que el municipio es muy rural, por otro lado, el sector no residencial tiene aproximadamente el 5,8% de la totalidad del municipio como se observa en la Gráfica 10. En la Gráfica 11 se pueden ver los consumos de la zona rural y urbana del municipio de Arauquita para el año 2016, donde se evidencia un mayor consumo en la zona rural del municipio gracias a la cantidad de suscriptores

que posee, pese a esto el consumo en la zona urbana no está tan alejado del consumo en la zona rural.

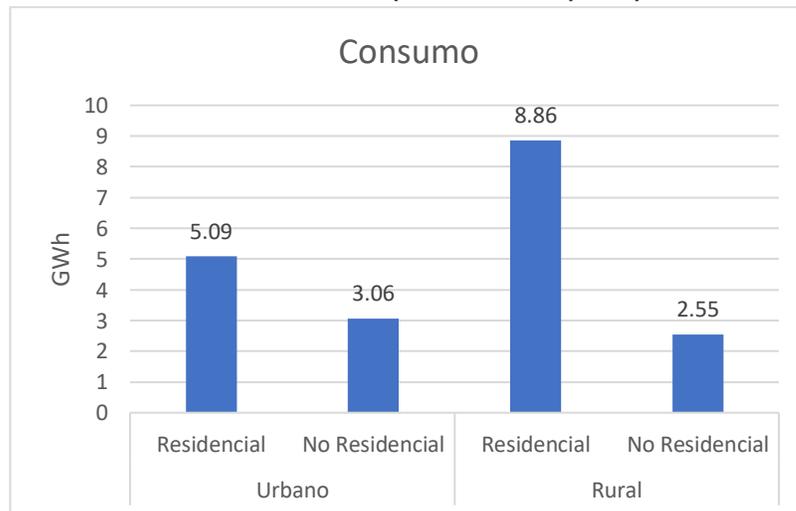
Gráfica 10 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Arauquita para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Al hallar la relación proporcional entre usuarios y consumo se encuentra que la zona urbana consume más que la rural, pero los usuarios rurales no residenciales son los de mayor consumo, mientras que los usuarios rurales residenciales registran el menor.

Gráfica 11 Consumo eléctrico del municipio de Arauquita para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

El municipio tiene un consumo de energía eléctrica total del 19.563,52 KWh, del cual, la empresa VATIA E.S.P registra 17 KW del sector comercial en zona rural, ISAGEN. E.S.P registra un consumo de 208,4 KWh en el sector industrial de la zona urbana. El consumo restante lo registra ENELAR en todos los sectores y zonas del municipio.

9.2.3 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cravo Norte para el año 2016

El Municipio de Cravo Norte está situado en el ángulo sur oriental del trapezoide araucano, con una extensión aproximada de 5301 km², lo que equivale aproximadamente al 24% de la superficie del departamento, tiene una densidad de población del 0,64 hab/km² [15] con una población del 3293 habitantes según proyección DANE al año 2016 [14].

Para este municipio el único operador de energía que presta el servicio es ENELAR la cual registra 896 suscriptores entre la zona urbana y rural que consumen un total de 2087,66 KWh. A continuación, en la *Tabla 8*, se presenta la cantidad de suscriptores y consumos en el municipio de Cravo Norte.

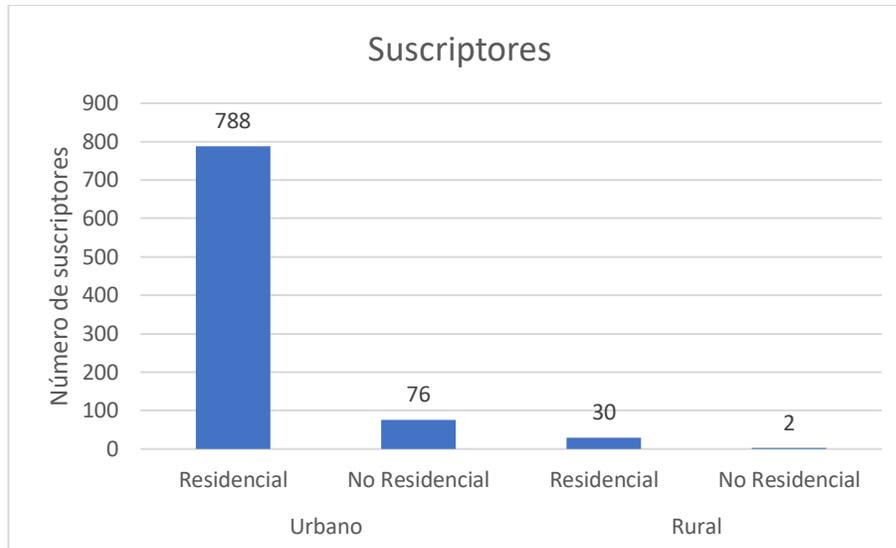
Tabla 8 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Cravo Norte para el año 2016

Cravo Norte	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	788	76	30	2
Consumo (KWh)	1238,07	800,04	33,98	15,56

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

En la *Gráfica 12* se visualiza que aproximadamente el 96 % del total de suscriptores del municipio son de la zona urbana, de los cuales el 91 % pertenecen al sector residencial y representa el 88% del total municipal. En la *Gráfica 13*, la zona urbana del municipio presenta un mayor consumo para el año 2016 comparado con la zona rural con aproximadamente el 97,6 % del total del consumo en el municipio gracias a la notoria mayoría de suscriptores de esta zona, la cual tiene 864 suscriptores mientras que la zona rural solo cuenta con 32.

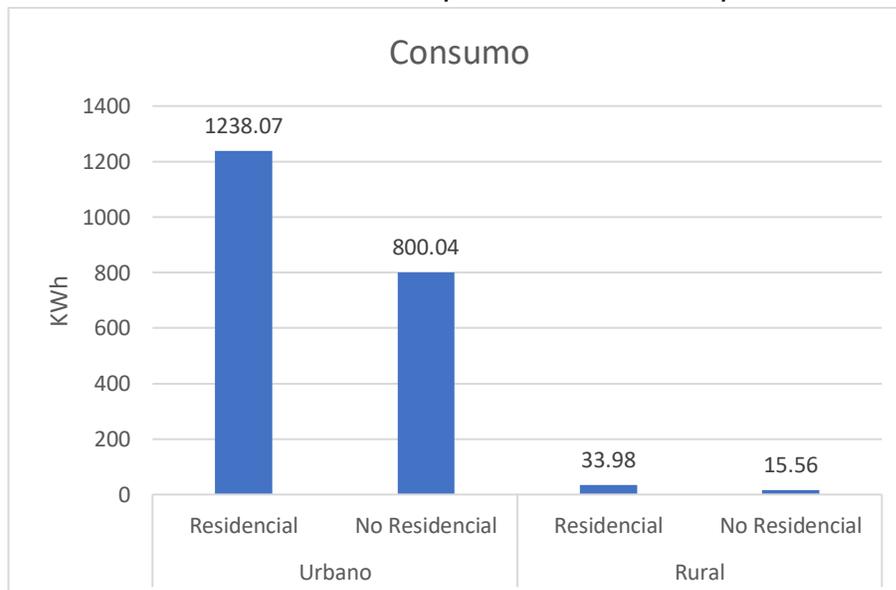
Gráfica 12 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Cravo Norte para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Al hallar la relación proporcional entre usuarios y consumo se registra que los suscriptores urbanos no residenciales son los más consumidores y los suscriptores rurales residenciales los menos consumidores.

Gráfica 13 Consumo eléctrico del municipio de Cravo Norte para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.2.4 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Fortul para el año 2016

El municipio de Fortul limita al norte con Saravena; al sur con Tame; al este con Arauquita y al oeste con Güicán (Boyacá). hace parte de la gran llanura de la Orinoquia con una extensión de 1125 km² y según el censo realizado por el DANE, Fortul tiene una población de 25.379 habitantes, de los cuales 13.081 son de la cabecera municipal.

El único operador de energía que presta el servicio en el municipio es la empresa ENELAR la cual cuenta 4584 suscriptores con un consumo de 6820,83 KW. En la Tabla 9 se presenta los usuarios registrados por ENELAR con sus respectivos consumos.

Tabla 9 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Fortul para el año 2016

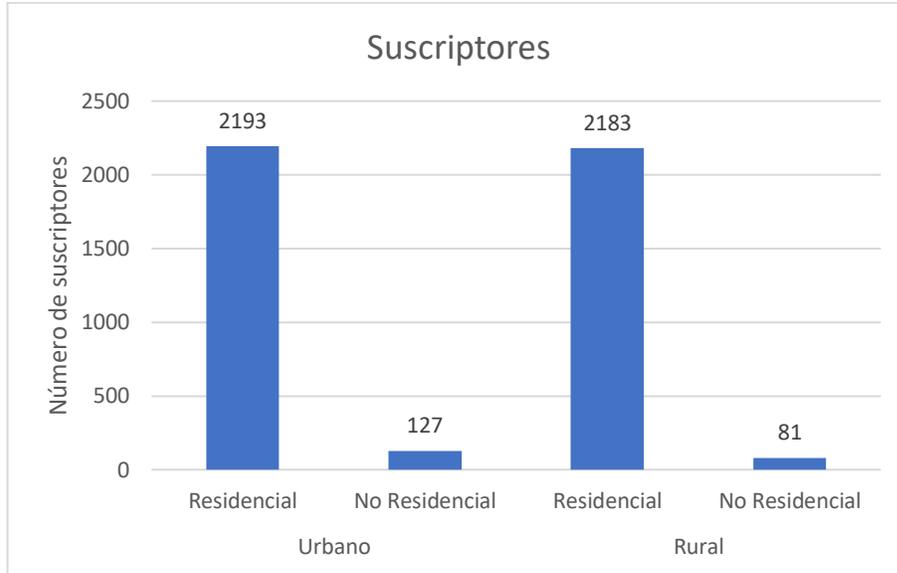
Fortul	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	2193	127	2183	81
Consumo (KWh)	2953,48	1247,54	2282,16	337,65

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI 115

Según la Gráfica 14, la cantidad de suscriptores en la zona urbana representa un 50,6% del total de suscriptores de los cuales el 94,5% pertenecen a residencias y de esta misma manera se presenta la zona rural de los cuales 96,4% son de residencias.

De acuerdo a la Gráfica 15, el consumo de la zona urbana es muchísimo mayor que de la zona rural a pesar que no hay gran diferencia de cantidades de suscriptores, ya que la parte urbana cuenta con 2320 suscriptores mientras que la rural con 2264 suscriptores. Lo que ocurre en el consumo es que, en la zona urbana del municipio, los sectores distintos al residencial (industrial, comercial y oficial) requiere un consumo mucho mayor que el requerido en la zona rural en este mismo sector.

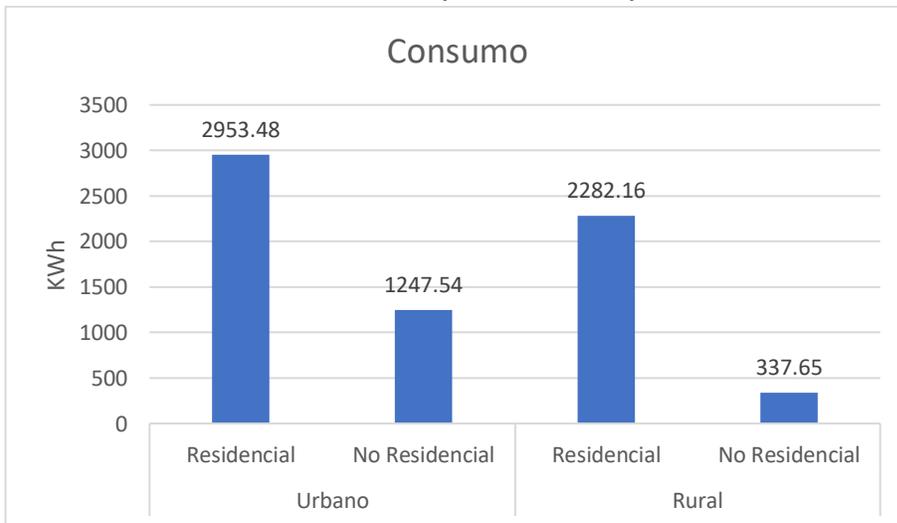
Gráfica 14 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Fortul para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Los datos registrados al hallar la proporción entre usuarios y consumo muestran que la zona urbana consume más que la zona rural y que los suscriptores urbanos no residenciales consumen la mayor cantidad de KWh mientras que los suscriptores rurales residenciales consumen la menor.

Gráfica 15 Consumo eléctrico del municipio de Fortul para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.2.5 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Puerto Rondón para el año 2016

El municipio de Puerto Rondón se encuentra ubicado en el sur del departamento de Arauca, hace parte de la gran llanura de la Orinoquía con una extensión de 2186 km² [16, p. 14] y una población de 3837 habitantes y una densidad de 1,66 hab/km². [14].

Puerto Rondón cuenta con la empresa ENELAR como único operador de energía eléctrica según los registros del SUI, en el cual la empresa registra el consumo de 1163 suscriptores para el año 2016 discriminados en la zona rural y urbano y consumieron en el año 2236,92 KW. Estos datos están organizados en la Tabla 10.

Tabla 10 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Puerto Rondón para el año 2016

Puerto Rondón	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	857	96	205	5
Consumo (KWh)	1135,79	827,93	252,88	20,40

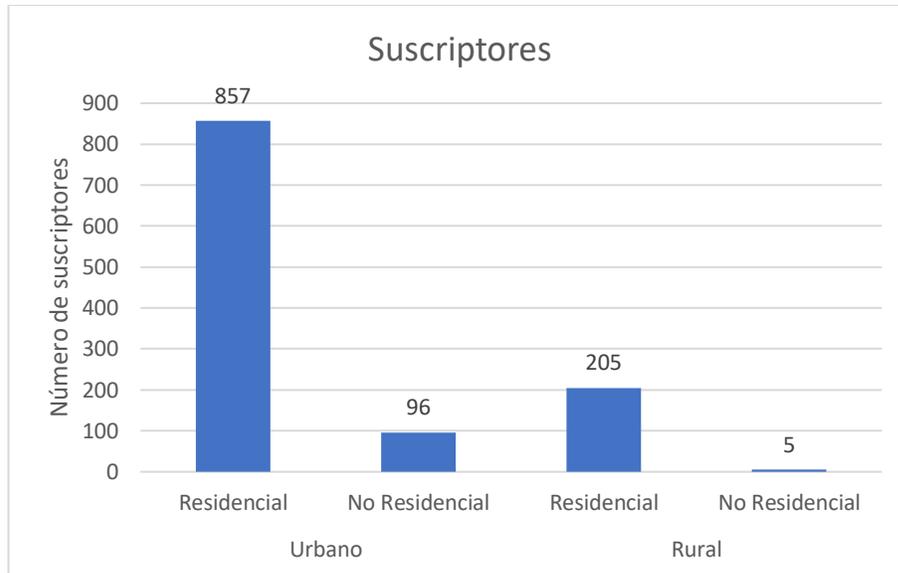
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

De acuerdo a la Gráfica 16, el 82% de los suscriptores en el municipio de Puerto Rondón son urbanos, de los cuales aproximadamente el 90% son residenciales. Los usuarios del sector no residencial representan aproximadamente el 9% del total en el municipio y los usuarios rurales no residenciales menos del 1% del total de suscriptores.

En la Gráfica 17 se observa que la mayoría del consumo se realiza en la zona urbana con aproximadamente el 88%. El sector residencial en el municipio consume un 62% de los cuales un 18% pertenece al consumo en la zona rural residencial.

Debido a la cantidad de suscriptores en el sector no residencial de la zona rural, el consumo que representa es poco, con menos del 1% del total en el municipio. Por otra parte, en el sector no residencial de la zona urbana, a pesar de su bajo número de suscriptores, el consumo es elevado, con un 37% del total municipal.

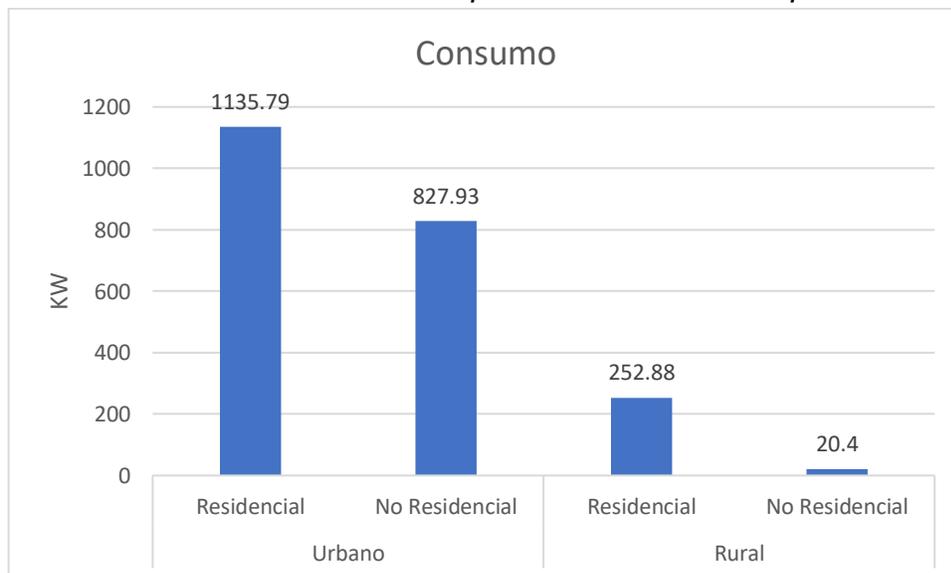
Gráfica 16 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Puerto Rondón para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Al comparar las relaciones entre usuarios y consumo, el mayor consumo se encuentra en el sector no residencial de la zona urbana y el menor consumo en el sector residencial de la zona rural.

Gráfica 17 Consumo eléctrico del municipio de Puerto Rondón para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.2.6 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Saravena para el año 2016

El municipio de Saravena se localiza en la Orinoquia colombiana, noroccidente del departamento de Arauca, cuenta con una extensión de 658,7 km², una población 47.203 habitantes y una densidad aproximada de 52,04 hab/km².

Saravena tiene solo a la empresa ENELAR como el único proveedor de energía eléctrica de acuerdo al registro del SUI en el cual se encuentra registrado el consumo de 13.810 suscriptores para el año 2016 clasificados en zonas rural y urbana con un consumo de 27.314,95 KWh. Seguidamente, en la *Tabla 11* se presentan los usuarios y consumos registrados por ENELAR, discriminado para el sector residencial y no residencial.

Tabla 11 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Saravena para el año 2016

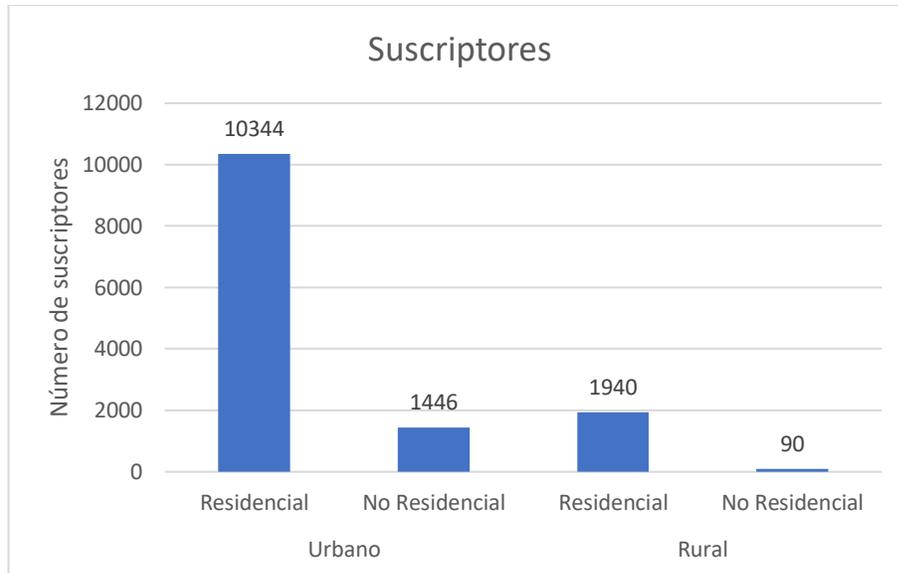
Saravena	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	10.344	1446	1940	90
Consumo (KWh)	13.506,85	11.473,98	1808,30	525,81

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Aproximadamente el 85% de los suscriptores son urbanos de los cuales el 87% son residenciales y en la zona rural el 4,4% son de zonas no residenciales y el resto son residenciales de acuerdo a lo observado en la Gráfica 18.

De acuerdo a lo observado en la Gráfica 19, el consumo en la zona urbana representa aproximadamente el 91% del municipio. Aunque la cantidad de suscriptores es de más de cinco veces mayor en urbano que en rural, la brecha es aún mayor en cuanto a la relación de consumo, donde es de aproximadamente 10 veces mayor en urbano que en rural y se puede concluir que en la zona urbana no residencial el consumo es mucho mayor que en la zona rural.

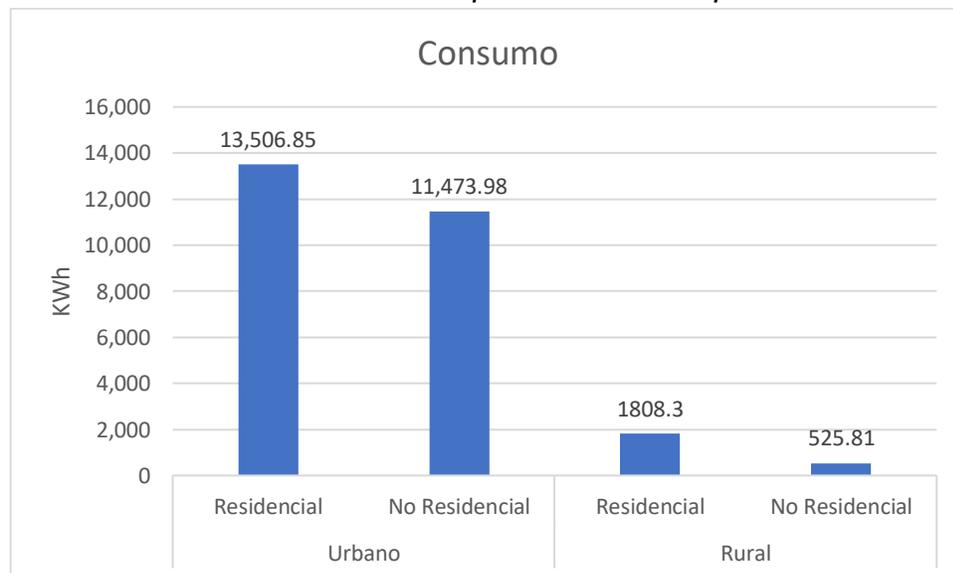
Gráfica 18 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Saravena para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Al hallar las relaciones entre usuarios y consumo, se observa que el mayor consumo se registra en el sector no residencial de la zona urbana y el menor consumo en el sector residencial de la zona rural.

Gráfica 19 Consumo eléctrico del municipio de Saravena para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.2.7 Consumo de energía eléctrica en el municipio de Tame para el año 2016

El municipio de Tame se localiza en el extremo suroccidental del Departamento de Arauca con una extensión de 6457 km², una población 52.768 habitantes y una densidad aproximada de 49,59 hab/km².

La empresa ENELAR es la única que provee el servicio de energía eléctrica en Tame, según el registro del SUI donde hay 13.412 suscriptores en el año 2016 tanto en zonas rurales como urbanas y consumen 22.791,46 KWh. Estos datos se organizan en la Tabla 12.

Tabla 12 Consumo de energía eléctrica y suscriptores del municipio de Tame para el año 2016

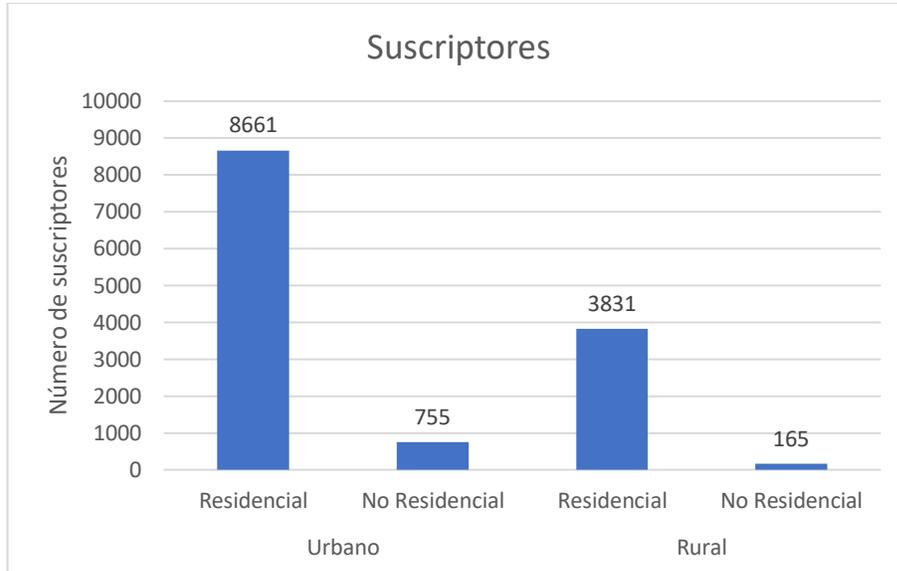
Tame	Urbano		Rural	
	Residencial	No Residencial	Residencial	No Residencial
Suscriptores	8661	755	3831	165
Consumo (KWh)	12.367,76	5692,33	3731,50	999,87

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Según la Gráfica 20, del total de suscriptores en el municipio, aproximadamente el 70% son de la zona urbana de los cuales solo el 8% son no residenciales y en la zona rural el 96% son del sector residencial que representan el 28,5% del total de suscriptores mientras que los usuarios de la zona no residencial del sector rural solo representan aproximadamente el 1,2% del total en el municipio.

De acuerdo a la Gráfica 21, aproximadamente el 79% del consumo es urbano de los cuales el 68% es residencial y en la zona rural el 78% del consumo es en el sector residencial que representa el 16,3% del total consumido en el municipio y el consumo en el sector no residencial de la zona rural representa el 4,4% del consumo total.

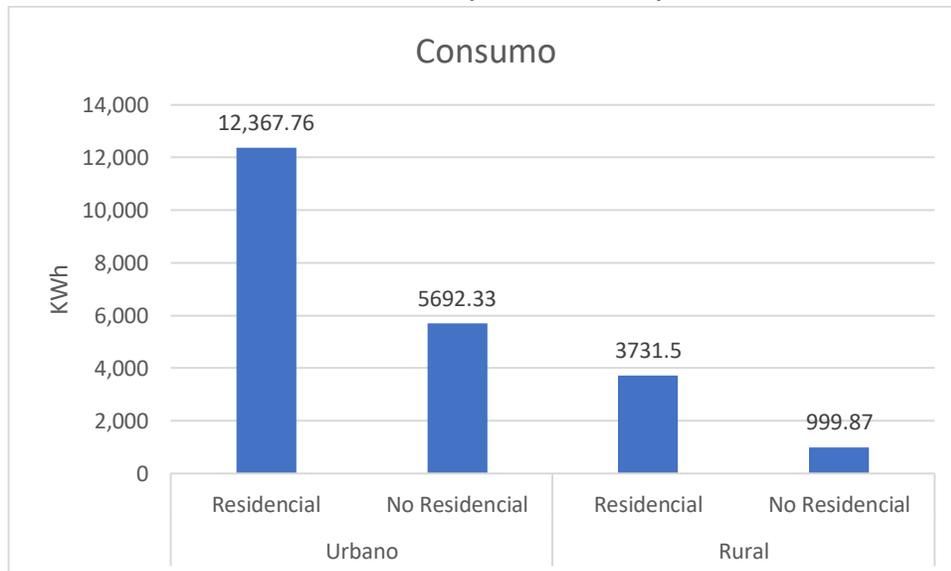
Gráfica 20 Suscriptores urbanos y rurales del municipio de Tame para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

Al comparar las relaciones entre usuarios y consumo, el mayor consumo se registra en el sector no residencial de la zona urbana y el menor consumo en el sector residencial de la zona rural.

Gráfica 21 Consumo eléctrico del municipio de Tame para el año 2016



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el SUI

9.3 Método de recolección de información primaria empleado en el proyecto PERS Orinoquia

Para corroborar y actualizar la información de energía eléctrica registrada en el SUI, el proyecto PERS diseño herramientas de recolección de información (Encuestas) para las zonas rurales de los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada con el objetivo de conocer el consumo de energía por uso y fuente de generación (Gasolina, leña, ACPM, y eléctrica) para los sectores residencial, comercial, oficial, agroindustrial, agrícola y pecuaria. Para la presente tesis es de importancia el sector residencial.

La forma más adecuada de obtener la información es por medio de un censo, visitando todas las viviendas de los municipios de los cuatro departamentos. Pero a pesar de ser la más adecuada no es eficiente debido al gran costo en tiempo y dinero, el equipo de estadística del proyecto decidió tomar una muestra representativa de poblaciones finitas por departamento de cada sector y así disminuir el número de encuestas, sin afectar la información. Una muestra debe cumplir varias características: ser representativa, aleatoriedad en su elección, cumplir con los parámetros de confiabilidad y tamaño de error. La representatividad de la muestra hace referencia a que la muestra debe reflejar adecuadamente las características que se desea analizar en el conjunto de estudio, en este caso el departamento de Arauca.

9.3.1 Sector residencial

La población objetivo del muestreo son las viviendas rurales del departamento de Arauca y de aquellas cabeceras municipales que cuenten con un Índice de Ruralidad (IR) mayor al 40%. En el departamento de Arauca todos los municipios lo sobrepasan, a excepción del municipio de Saravena que su índice de ruralidad es de 35,5, por ende, se excluye la cabecera municipal de Saravena de la investigación. La lista de los índices de ruralidad de los municipios de Arauca se encuentra en la Tabla 13.

Para calcular el tamaño de la muestra se aplica una fórmula para poblaciones finitas; es decir, cuando se conoce el tamaño del universo, como este caso. La población objetivo (viviendas) se construye con base en las proyecciones de población del

DANE para el segmento “resto”. El tamaño de la población del 2016 da cuenta del número de personas y como las unidades primarias están constituidas por las viviendas, se estima su número aplicando el promedio de número de personas por vivienda del censo 2005 a esta población. El mismo procedimiento se realiza para las cabeceras municipales con índices de ruralidad mayor del 40%.

Tabla 13 Índices de Ruralidad de los municipios del departamento de Arauca

No.	Municipio	IR	No.	Municipio	IR
1	Arauca	43,20	5	Puerto Rondón	55,80
2	Arauquita	46,96	6	Saravena	35,57
3	Cravo Norte	60,03	7	Tame	47,74
4	Fortul	47,77		Promedio Departamento	48,15

Fuente: Observatorio del territorio. Datos tomados del informe de desarrollo humano

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

Ecuación 1. Determinación de la muestra

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * Q}$$

En donde,

N = tamaño de la población

Z = Valor del área bajo la curva normal del nivel de confianza utilizado

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

En la *Tabla 14* se muestran los datos del censo del 2005 en los municipios de Arauca, así como la relación de habitantes por vivienda en el mismo año. La relación más alta se encuentra en el municipio de Fortul con cerca de 19 habitantes por vivienda y la menor relación en el municipio de Saravena con casi cinco habitantes por vivienda.

Tabla 14. Población y número de viviendas del censo del 2005

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2005			NÚMERO DE VIVIENDAS 2005			NÚMERO DE HABIT/VIVIENDA 2005		
	Cabecera	Resto	TOTAL	Cabecera	Resto	TOTAL	Cabecera	Resto	TOTAL
Arauca	62.645	12.923	75.568	12.979	1358	14.337	4,83	9,52	5,27
Araucuita	15.078	21.667	36.745	2809	52	2861	5,37	5,53	12,84
Cravo Norte	2391	1270	3661	548	152	700	4,36	8,36	5,23
Fortul	10.009	11.842	21.851	798	350	1148	12,54	5,53	19,03
Puerto Rondón	2655	1307	3962	614	0	614	4,32	5,53	6,45
Saravena	28.544	14.222	42.766	7761	1545	9306	3,68	9,21	4,60
Tame	19.134	28.442	47.576	5305	1365	6670	3,61	5,53	7,13

Fuente: Observatorio del territorio. Datos tomados del censo demografía y vivienda año 2005

Tabla 15 Proyección de la población y número de viviendas del censo del 2016

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2016			NÚMERO DE VIVIENDA 2016			MARCO PERS	
	Cabecera	Resto	TOTAL	Cabecera	Resto	TOTAL	Índice Ruralidad IR	No Vivienda IR>40 Total IR<40 Resto
Arauca	77.687	12.025	89.712	16.095	1264	17.020	43,20	17.020
Araucuita	19.106	22.637	41.743	3559	4093	3250	46,96	3250
Cravo Norte	2311	982	3293	530	118	630	60,03	630
Fortul	13.408	12.337	25.745	1069	2231	1353	47,78	1353
Puerto Rondón	2867	970	3837	663	175	595	55,80	595
Saravena	32.371	15.223	47.594	8802	1654	10.357	35,57	1654
Tame	20.157	33.109	53.266	5589	5987	7468	47,75	7468

Fuente: Observatorio del territorio. Datos tomados del censo demografía y vivienda año 2005

Al aplicar la fórmula anterior de poblaciones finitas, se determina que el departamento de Arauca cuenta con un marco muestral de 392 encuestas para el sector residencial, gracias a la estimación (N) de 31.970 viviendas rurales y de cabeceras municipales con un IR mayor al 40%, un error de muestreo entre 3,80% y 5,27%, un nivel de confianza del 95% utilizando la máxima variabilidad, probabilidad de éxito del 50% y probabilidad de fracaso del 50%.

El marco muestral municipal se establece de acuerdo a la proporción de viviendas que posean los municipios, es decir se hace una división proporcional de las 31.970 viviendas en el departamento para cada municipio que depende del número de viviendas de cada uno de ellos. Esta distribución se observa en la *Tabla 16*.

Tabla 16 Marco muestral para los municipios del departamento de Arauca

MUNICIPIO	PROBABILIDAD DE SELECCIÓN	N.º DE ENCUESTAS
Arauca	0,532	209
Araucuita	0,101	40
Cravo Norte	0,019	8
Fortul	0,042	17
Puerto Rondón	0,018	7
Saravena	0,051	20
Tame	0,233	92
TOTAL	1	392

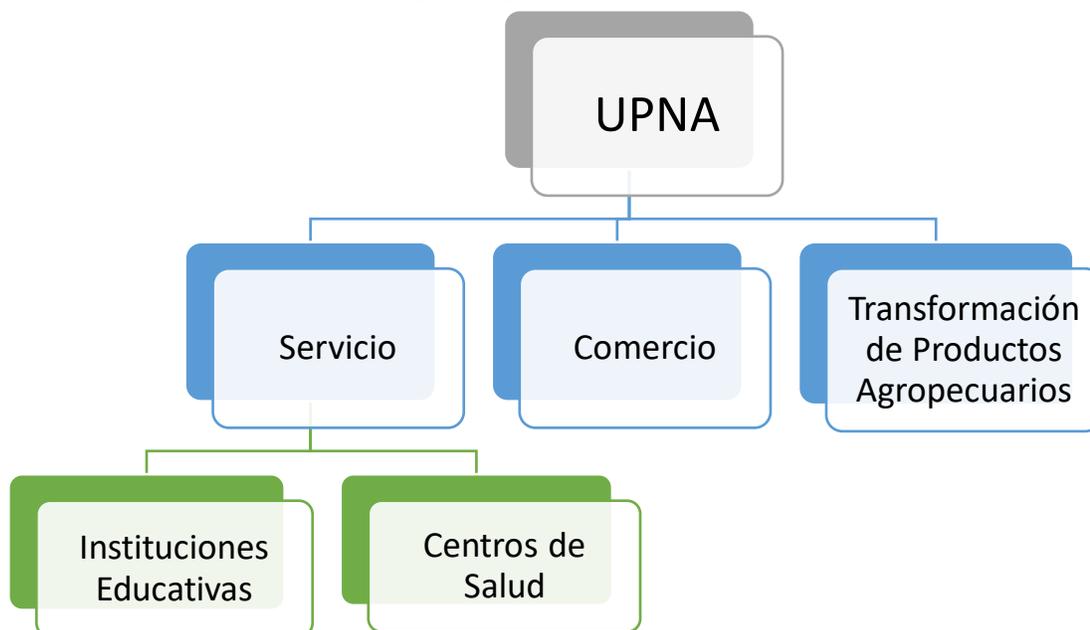
Fuente: Observatorio del territorio con datos del DANE

9.3.2 Sector comercial y sector institucional

El sector comercial hace referencia a las actividades de compra y venta de bienes y/o servicios, por ejemplo: tiendas, hoteles, restaurantes, etc. Mientras que el sector oficial para el objetivo del proyecto PERS Orinoquia se definió como los centros de salud y las instituciones educativas (IE).

El método para definir el marco muestras de estos sectores es la fórmula de poblaciones finitas empleada en el sector residencial, con una variación en La población objetivo, para el sector comercial y oficial la población objetivo (N) son las Upnas del Censo Nacional Agropecuario (CNA), las cuales según el informe 12 del CNA; tienen una representación del 51,8% en servicios, 20,7% en comercio, 16% en transformación de productos agropecuarios y el 11,1% en la industria. Sin embargo, a causa que se excluyó la industria el equipo de estadística del proyecto PERS realizó una nueva ponderación donde los valores obtenidos fueron 58,2% servicios, 23% comercio y 18,7% transformación de productos agropecuarios.

Gráfica 22 Clasificación de las UPNAS



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se visualiza el marco muestral para el sector comercial y de servicio cabe resaltar que en el sector servicio está incluido las instituciones educativas y centros de salud además de otros servicios, para el proyecto es de interés las instituciones educativas y centros de salud.

El cálculo del marco muestral se hace con la fórmula de poblaciones finitas y siguiendo el mismo principio del sector residencial, se tienen en cuenta únicamente las UPNAS rurales y las de cabeceras municipal con un índice de ruralidad mayor al 40%. El Censo nacional Agropecuario suministra información de 1999 UPNAS y con la fórmula se establece un marco muestral para el departamento de Arauca de 322 encuestas de UPNAS las cuales se distribuyen en los siete municipios por probabilidad de selección cabe resaltar que las UPNAS se dividen en servicios, comercial y transformación de productos agropecuarios.

Tabla 17 Marco muestral para el sector comercial y de servicio

Municipio	UPNA no étnico	Probabilidad de selección	Muestra UPNAS	Muestra comercial	Servicios	Instituciones educativas	Centros de salud
Arauca	258	0,13	42	10	24	5	1
Arauquita	841	0,42	136	31	79	16	1
Cravo Norte	104	0,05	17	4	10	2	1
Fortul	199	0,1	32	7	19	4	1
Puerto Rondón	50	0,03	8	2	5	1	1
Saravena	346	0,17	56	13	33	7	1
Tame	201	0,1	32	7	19	4	1
TOTAL	1999	1	322	74	189	39	7

Fuente: Equipo de Estadística del Observatorio del Territorio

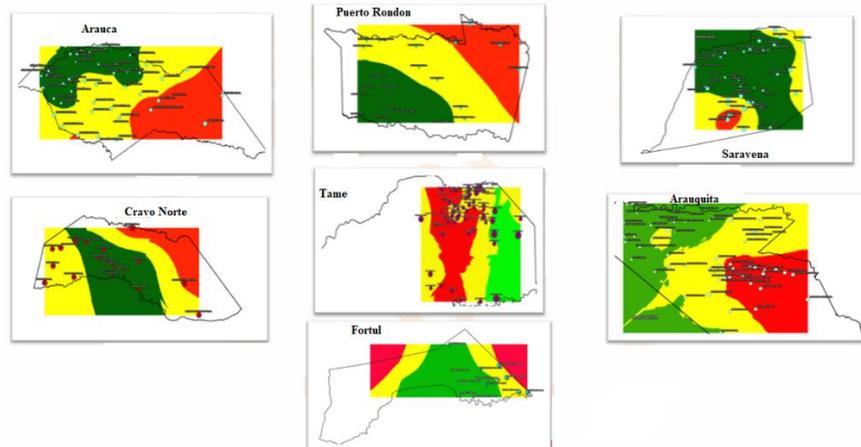
9.3.3 Distribución muestral

Una vez calculado la cantidad de encuestas a nivel municipal se parte a establecer el lugar de ejecución de los formularios, a cargo del equipo de cartografía del PERS Orinoquia, los cuales aplican una estratificación por municipio de acuerdo al tiempo de desplazamiento de las viviendas rurales al casco urbano:

- Estrato 1 para viviendas que se encuentran a menos de 30 minutos
- Estrato 2 para viviendas que se encuentran entre de 31 minutos a 90 minutos
- Estrato 3 para viviendas que se encuentren a más de 90 minutos

En la *Gráfica 23* se observa la estratificación de los municipios del departamento de Arauca. La zona de color verde indica las viviendas con un estrato uno, el color amarillo es la zona de viviendas con estrato dos y el rojo la zona con viviendas con estrato tres.

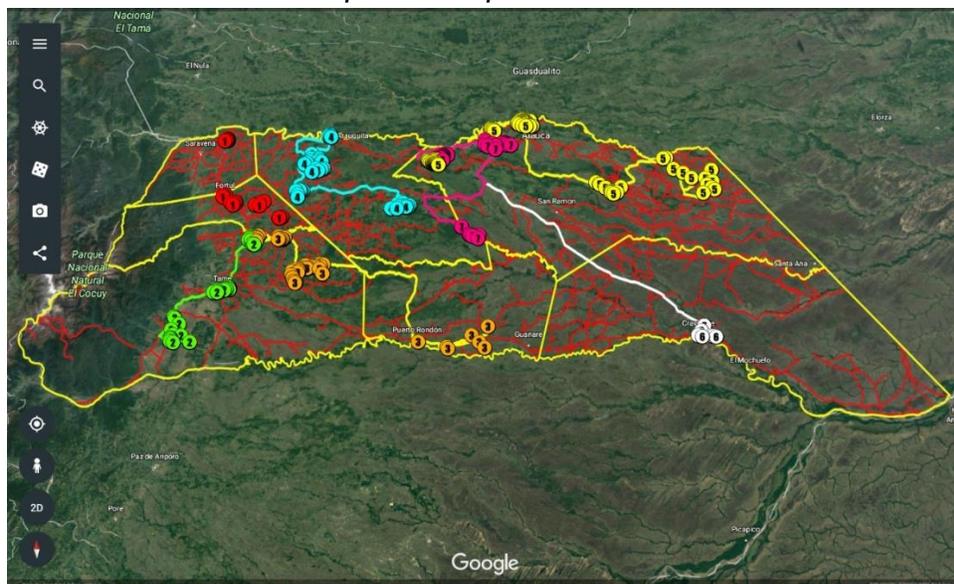
Gráfica 23 Estratificación de los municipios del departamento de Arauca de acuerdo al tiempo de desplazamiento a casco urbano.



Fuente: Observatorio del Territorio

Ya con la estratificación, se procede a establecer por medio de imágenes satelitales y análisis cartográfico las rutas para el departamento, en donde se determinan siete rutas para el departamento de Arauca. En la *Gráfica 24* se observan las siete diferentes rutas de ejecución de las encuestas para el departamento resaltadas con diferente color donde el trazo rojo representa las vías de acceso a las zonas rurales.

Gráfica 24 Rutas de encuestas para el departamento de Arauca



Fuente: Observatorio del Territorio

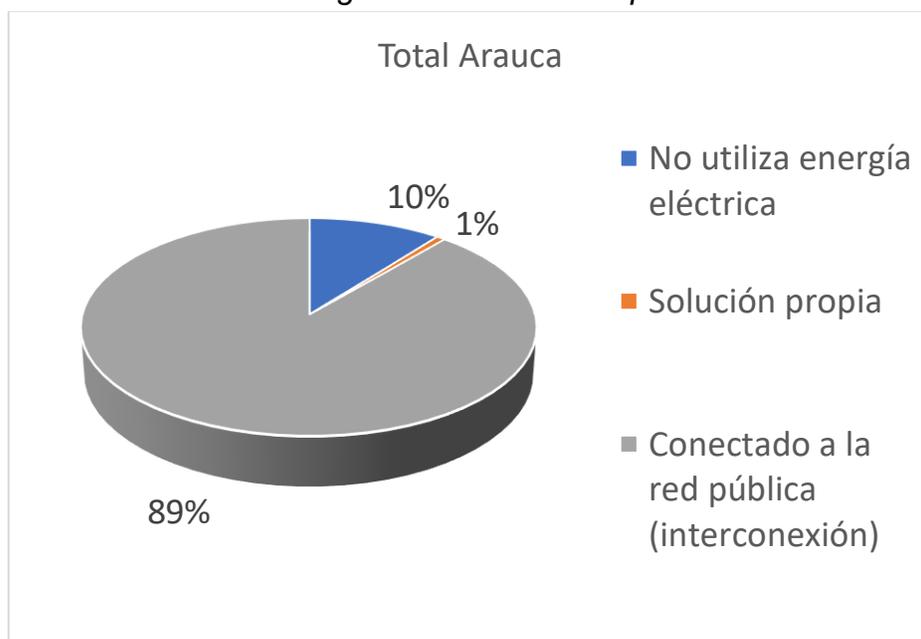
9.4 Cobertura de la energía eléctrica en Arauca

Según el Plan Indicativo de Expansión de servicio de energía eléctrica PIEC 2013 – 2017, a nivel nacional se cuenta con un Índice de Cobertura de Energía Eléctrica ICEE del 99,59% en promedio en las cabeceras municipales y en el resto un ICEE de 84,84% y en total un ICEE de 96,10%. Para el departamento de Arauca la cabecera municipal cuenta con un ICEE de 100% y el resto un ICEE de 79,36% lo que genera un ICEE de 93,63%.

9.4.1 Viviendas que cuentan con el servicio de energía.

De acuerdo a la Gráfica 25, el 90% de la población sí usa energía eléctrica y el 10% restante no cuenta con esta necesidad básica y al comparar con los datos del PIEC es un indicador relativamente cercano.

Gráfica 25 Uso del servicio de energía eléctrica en el departamento de Arauca

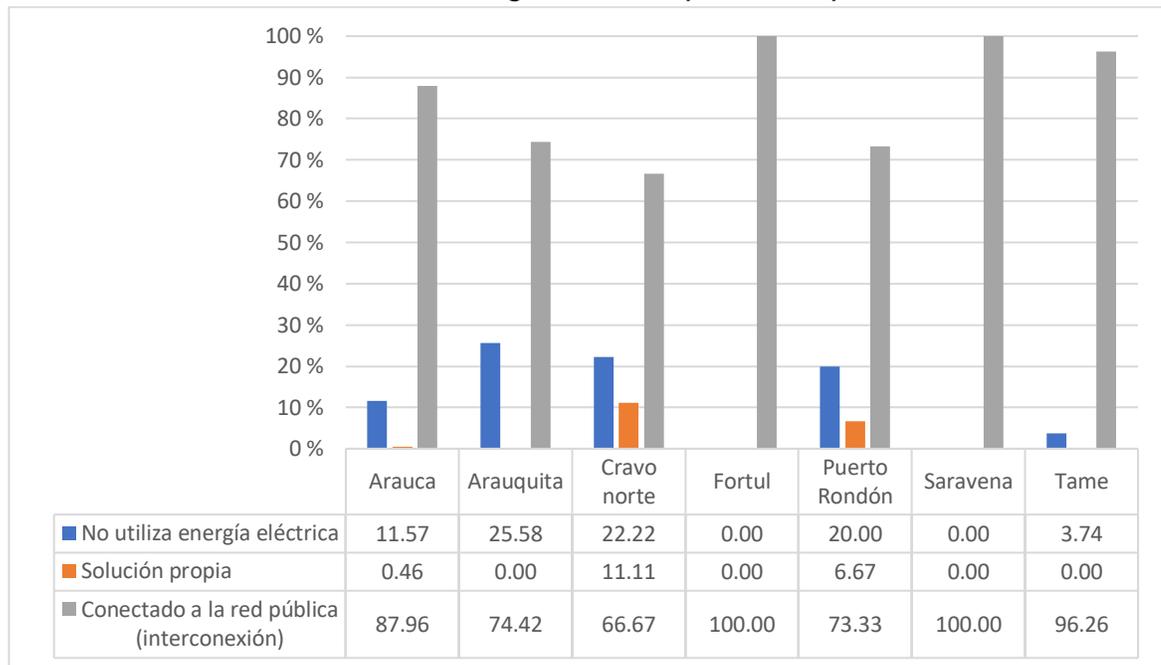


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

A continuación, en la Gráfica 26, se desglosa la información por municipio y se observa que los municipios de Fortul y Saravena cuentan con una cobertura eléctrica del 100%. Así mismo se encontró que en los municipios de Arauca, Cravo

Norte y Puerto Rondón algunas viviendas cuentan con soluciones propias para el uso de la energía eléctrica.

Gráfica 26 Uso del servicio de energía eléctrica por municipio

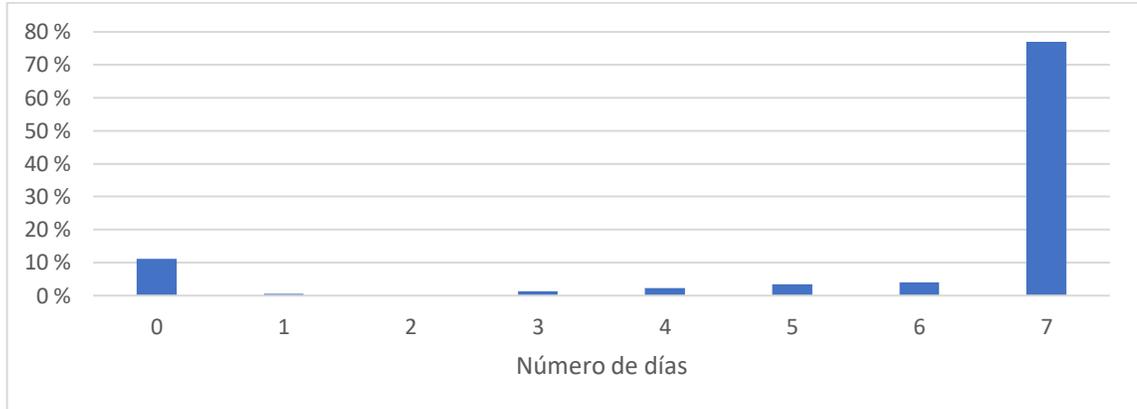


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

9.4.2 Días que cuenta con el servicio de energía eléctrica

Como se observa en la Gráfica 27 el 77,05% de las viviendas cuentan regularmente con el servicio los siete días de la semana y ninguna vivienda tiene el servicio por solo dos días. El 11,24% correspondiente a cero días a la semana con servicio se refiere a las viviendas que no tienen interconexión a la red eléctrica por lo tanto el 9,37% posee el servicio entre uno y seis días a la semana.

Gráfica 27 Días de la semana con servicio de energía eléctrica

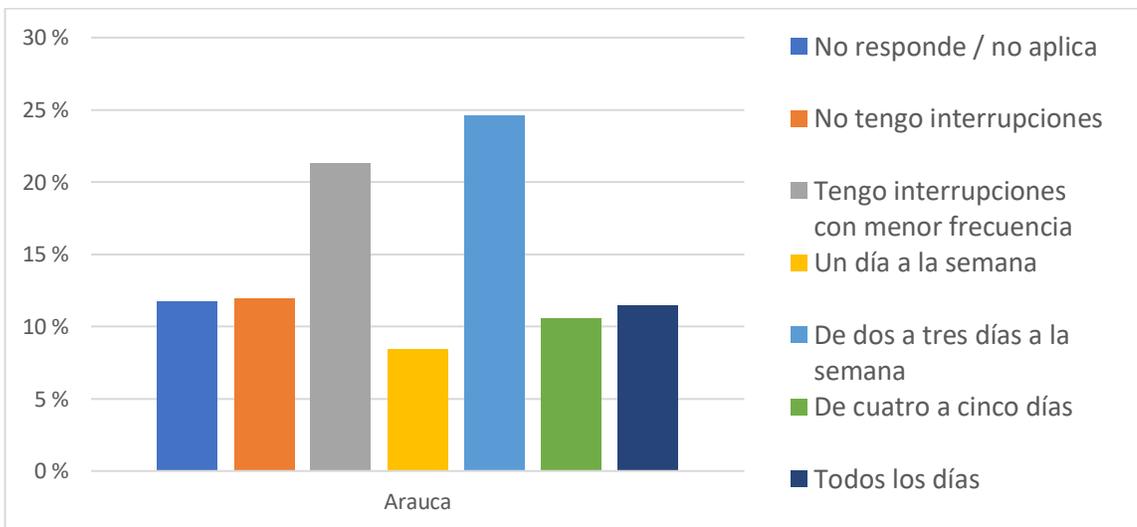


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

9.4.3 Frecuencia de interrupciones en el servicio de energía eléctrica

Como se evidencia en la Gráfica 28, el 11,94% de las viviendas no tiene ninguna interrupción en el servicio y el 21,31% interrupciones con poca frecuencia por lo que más del 50% de las viviendas registran una falta en el suministro eléctrico importante por lo que existe un problema en la calidad del servicio.

Gráfica 28 Frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica a la semana en Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

9.5 Análisis y caracterización por uso y fuente de la Información primaria

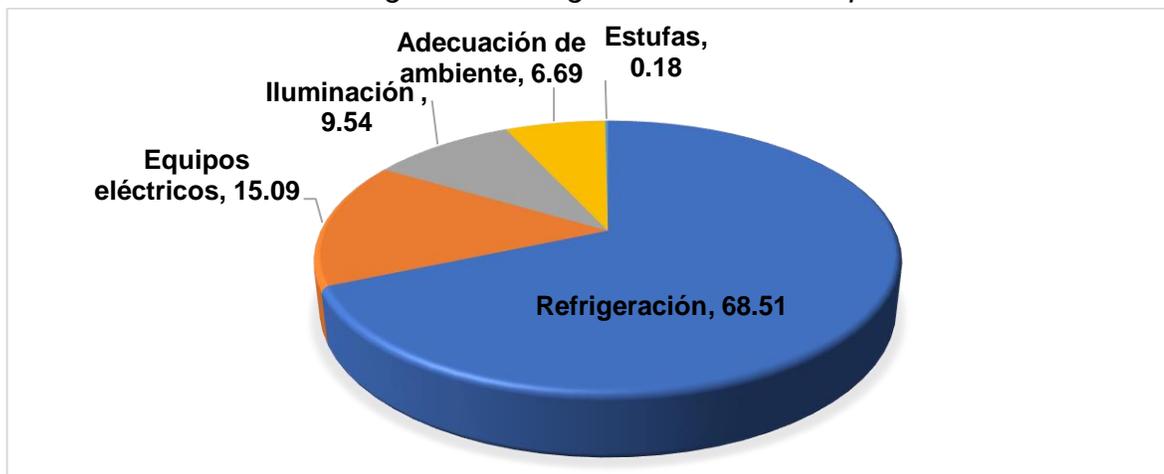
Una vez recolectada la información de encuestas, el equipo de sistemas del proyecto se encarga de consolidar los datos en una hoja de cálculo, ya con el documento afianzado se realiza una revisión preliminar en donde se eliminan datos erróneos y se estandarizan conceptos elaborados por el equipo de estadística. Ya con la base de datos limpia comienza el análisis y caracterización por uso y fuente de la información.

9.5.1 Uso de la energía en las viviendas rurales del departamento de Arauca

El proyecto PERS estableció seis tipos de usos principales de energía en las residencias que son iluminación, refrigeración, calefacción, adecuación de ambiente, equipos electrónicos y cocción. En las viviendas rurales del departamento de Arauca no se encuentra uso de energía para calefacción.

A continuación, en la *Gráfica 29* se presentan los consumos de usos de energía en Arauca, en donde se observan los consumos de los usos de energía en el departamento y se hace notorio que el principal consumo de energía es el empleado en refrigeración con el 68,51%, los resultados arrojados establecen que el consumo de energía para cocción es poco representativo respecto a los demás.

Gráfica 29 Usos de la energía en los hogares rurales del departamento de Arauca

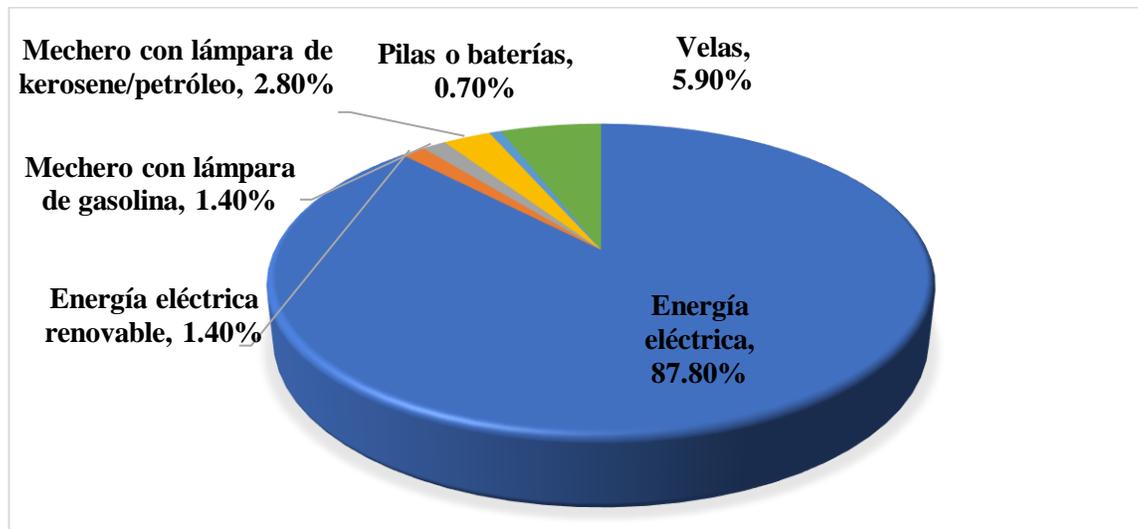


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Fuente de iluminación

El uso de energía aplicada a la iluminación en los hogares rurales del departamento de Arauca establece como fuente de iluminación principal la energía eléctrica con un porcentaje del 87,8% como se observa en la Gráfica 30. También se encontró que existe un 5,9% de viviendas utilizan velas como fuente de iluminación y en menor medida se encuentra el uso de pilas, energía eléctrica renovable, lámparas de kerosene, petróleo y gasolina.

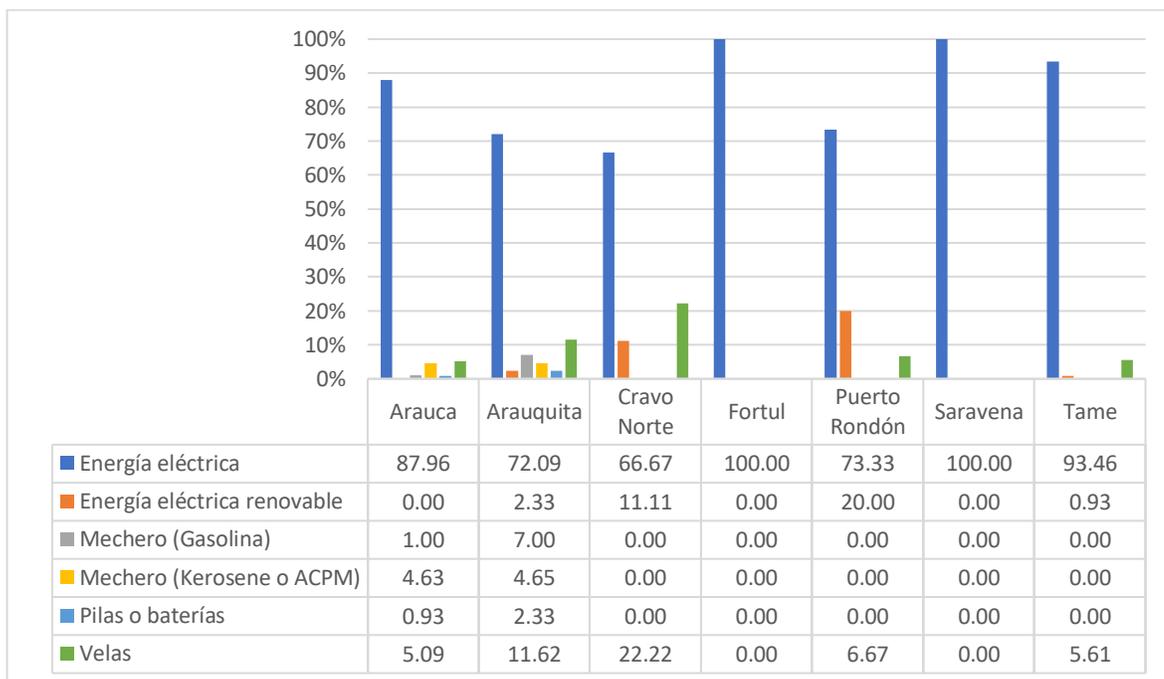
Gráfica 30 Fuente principal de iluminación en los hogares rurales del departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

En relación a la fuente de iluminación por municipio, la Gráfica 31 muestra que el comportamiento municipal es semejante al departamental. Para todos los municipios del departamento la fuente principal de iluminación es la energía eléctrica, con un porcentaje superior del 65%, el uso de mecheros ya sea de kerosene, petróleo, gasolina y pilas o baterías solo se encuentra en los municipios de Arauca y Arauquita. A demás la implementación de energías alternativas para este uso según la información recolectada está presente en tres municipios: Arauquita, Cravo Norte y Puerto Rondón.

Gráfica 31 Fuente principal de iluminación de los municipios del departamento de Arauca

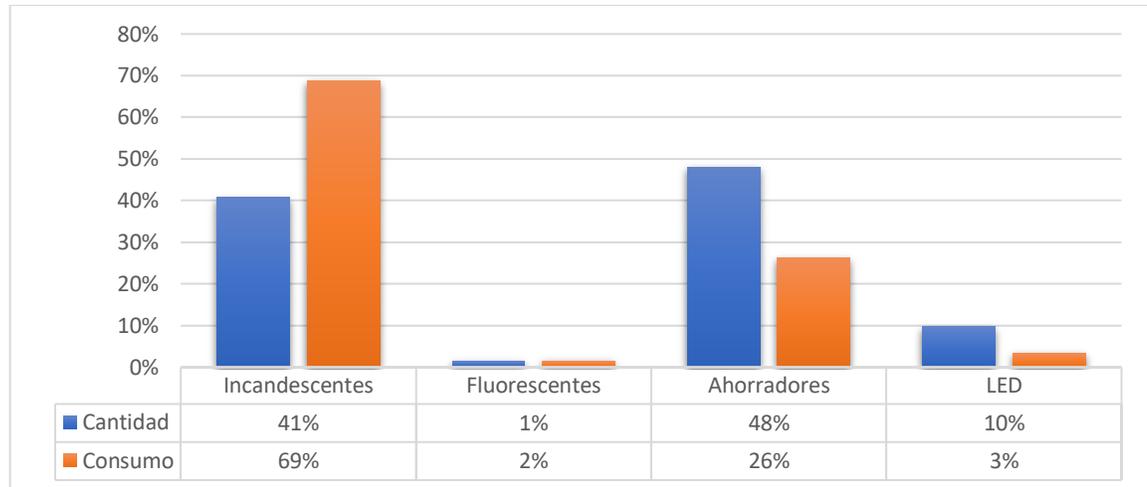


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Tipos y consumos de bombillos

En energía eléctrica la manera más óptima de producir iluminación es a través de bombillos, existen diferentes tipos o tecnologías, Entre ellos se encuentran incandescentes, fluorescentes, ahorradores y LED. En la Gráfica 32 se visualiza el porcentaje de uso y consumos de los diferentes tipos de bombillos en el departamento, es evidente el elevado consumo de los incandescentes, con un 69% del consumo de iluminación departamental a pesar de que los ahorradores tienen una mayor participación en cantidades, esto se debe a la eficiencia energética.

Gráfica 32 Tipos de bombillos y consumos utilizados por los hogares rurales del departamento de Arauca

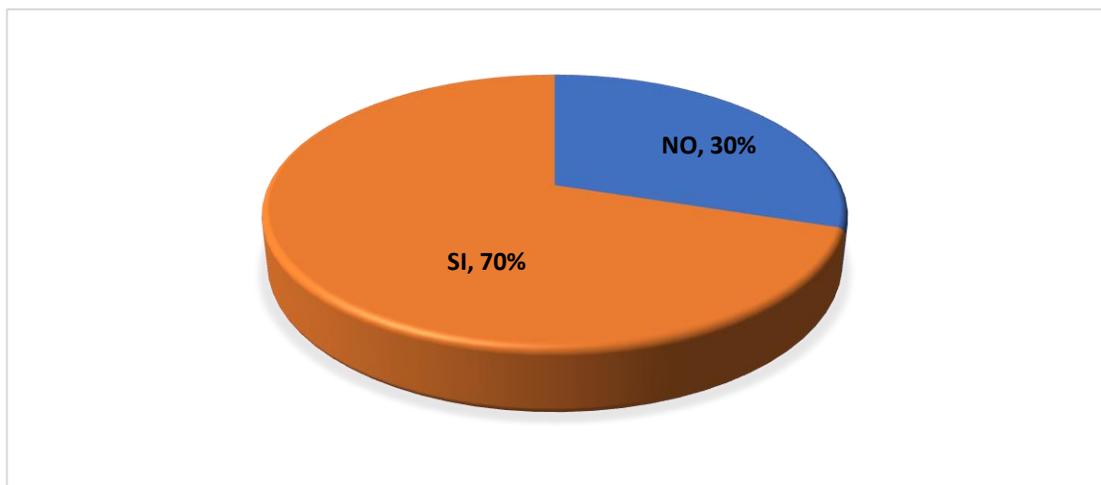


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Uso de nevera o refrigeración

El principal uso de refrigeración es para la conservación de alimentos, en el departamento de Arauca el 70% de los hogares rurales utilizan algún equipo de refrigeración ya sea neveras, cavas, nevecones, congeladores o cuartos fríos de acuerdo a lo observado en la Gráfica 33.

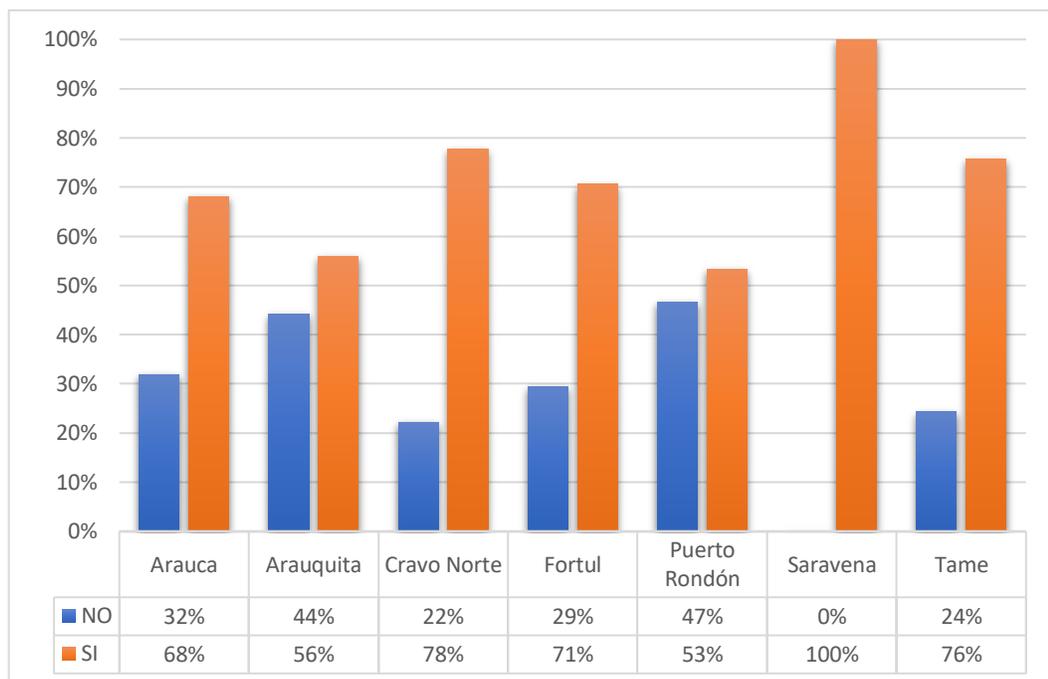
Gráfica 33 Uso de Nevera o refrigeración en los hogares rurales del departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

En la Gráfica 34 se visualiza el uso de refrigeración en los municipios del departamento de Arauca y se observa que los municipios que representan mayor uso de neveras y refrigerador son Saravena, Cravo Norte y Fortul con un porcentaje de uso superior al 70%. La ausencia de estos equipos se presenta especialmente en los municipios de Arauquita y Puerto Rondón.

Gráfica 34 Uso de nevera o refrigeración en los municipios del departamento de Arauca

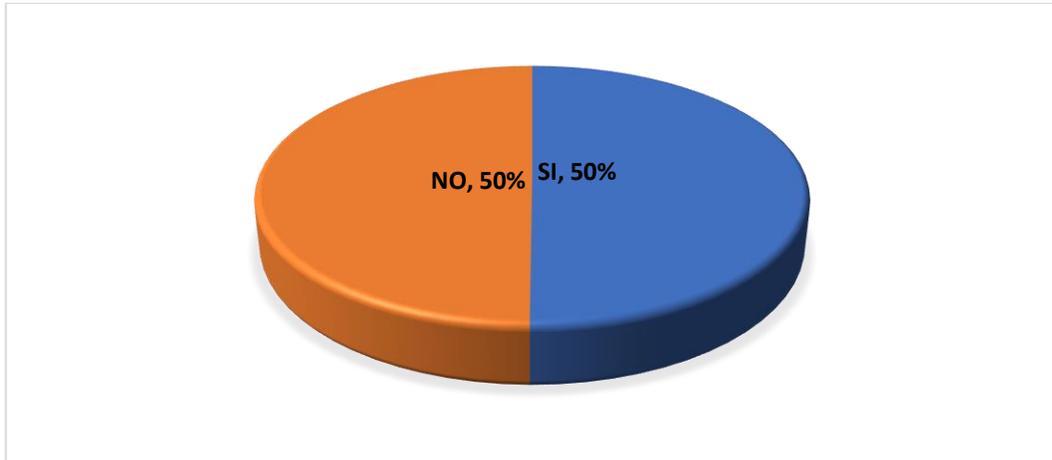


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Uso de aire acondicionado o ventilador

Se incluyen electrodomésticos como ventiladores y aires acondicionados, y como se muestra en la Gráfica 35, el departamento cuenta con un 50% de hogares que poseen estos equipos, su impacto desde el punto de vista de demanda de energía eléctrica puede ser significativo. En la investigación se tuvo en cuenta los consumos por tipos de tecnologías, en los aires acondicionados se tienen aires tipo ventana, Split y mini Split.

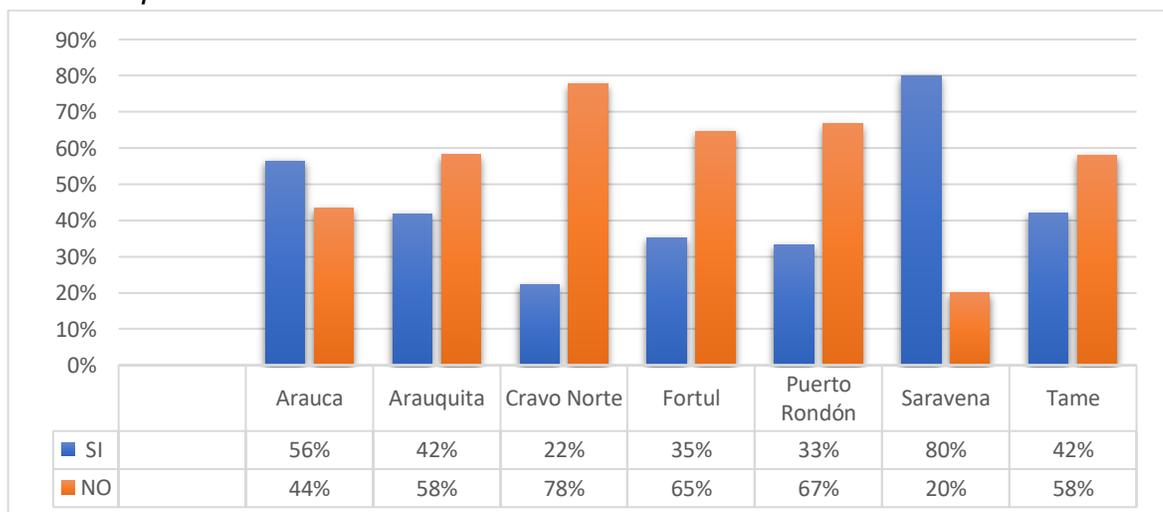
Gráfica 35 Uso de aire acondicionado o ventilador en los hogares rurales del departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

A pesar de la equilibrada respuesta en el uso de aires acondicionados y ventiladores en el departamento, de acuerdo a la Gráfica 36 el uso de equipos de adecuación de ambiente en los municipios del departamento de Arauca varía, Saravena y Arauca tienen un porcentaje de uso que supera el 55%, a diferencia de Cravo Norte, Puerto Rondón y Tame cuyo porcentaje de uso no supera el 42%.

Gráfica 36 Uso de aires acondicionados y ventiladores en las viviendas rurales de los municipios de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Equipos eléctricos

La lista de equipos eléctricos usados regularmente en el departamento se encuentra en la *Tabla 18* donde se observa que en el departamento de Arauca los artefactos eléctricos que generan el mayor consumo en equipos eléctricos son: la Lavadora con el 37,59%, seguido por los televisores con el 31,53% en el cual están incluidos las diferentes tecnologías existentes (convencional, plasma, LCD y LED), además de las planchas con un 11,41%.

Tabla 18 Equipos regularmente encontrados en las viviendas rurales del departamento de Arauca

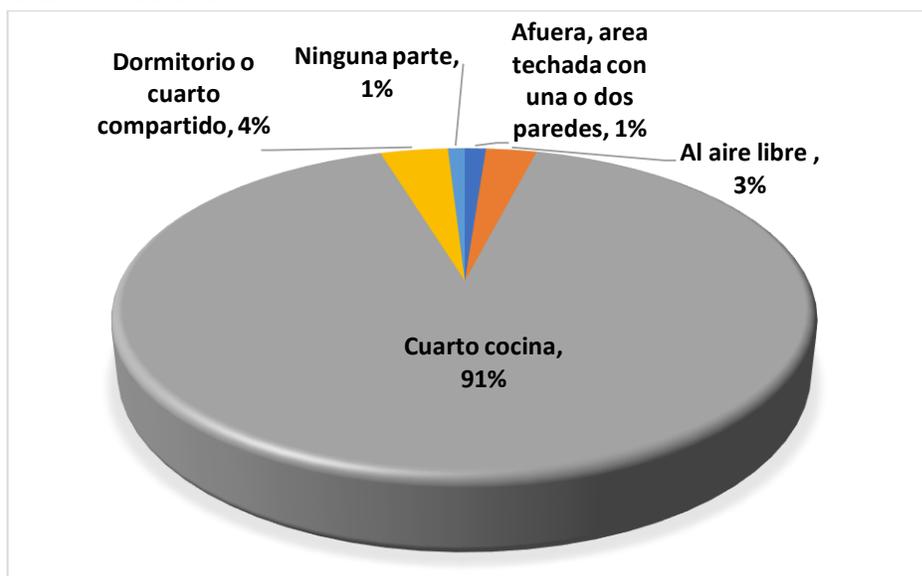
EQUIPOS	Cantidad (%)	Consumo (%)
Lavadora	7,59	37,59
Televisores	10,45	31,53
Plancha	5,21	11,41
Licuada	9,52	4,10
Radio	2,57	2,78
Computador	0,71	2,75
Equipo de sonido	2,08	2,16
Cafetera	0,19	2,10
Teléfono	56,40	1,90
Olla arrocera	1,90	1,82
Secador de cabello	0,26	0,78
Plancha para el cabello	0,48	0,38
Sanduchera	1,38	0,35
Secadora	0,30	0,30
DVD	0,56	0,04
Teatro en casa	0,11	0,01
Aspiradora	0,04	0,00
Otro	0,26	0,00
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Lugar donde se preparan los alimentos

En cuanto al sitio donde se preparan los alimentos se observa en la *Gráfica 37* que el 91% de las viviendas rurales del departamento de Arauca, poseen un espacio adecuado para tal fin (cuarto de cocina). No obstante, un 3% cocina al aire libre, un 4% tiene acondicionada la cocina en el dormitorio y en menor medida se cocina afuera en un área techada con una o dos paredes con 1%. A continuación, se presenta lo porcentaje de lugares de preparación de alimentos.

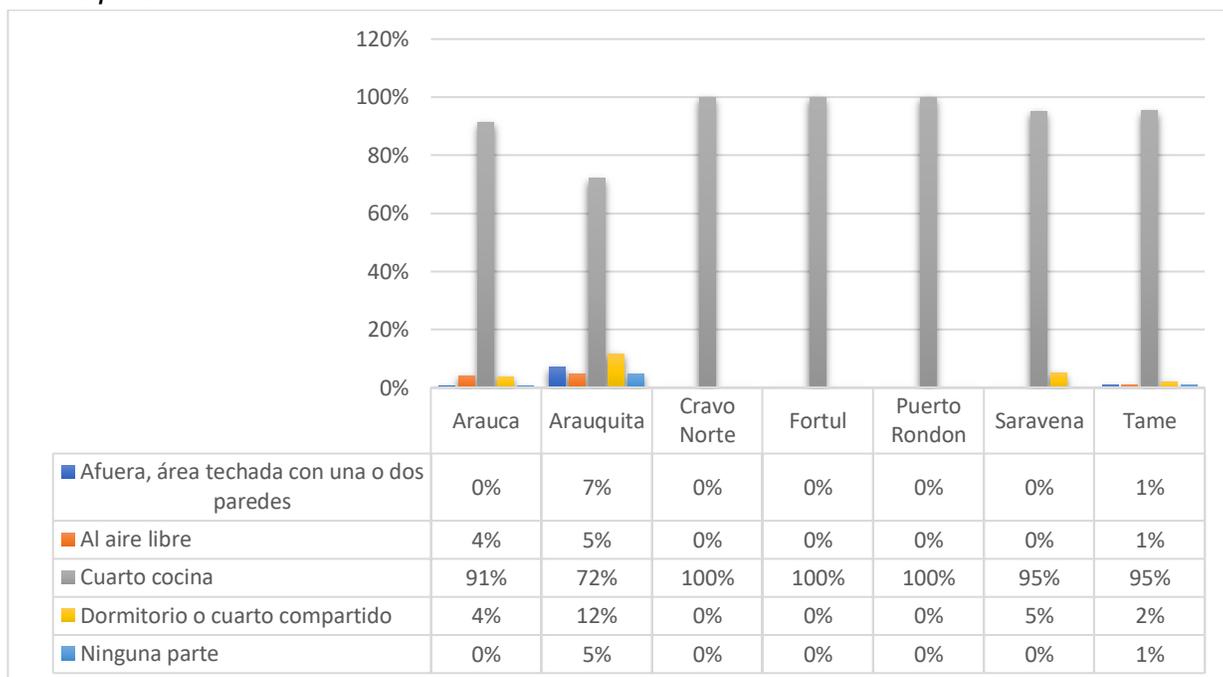
Gráfica 37 Lugares donde se preparan los alimentos en los hogares rurales en el departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

A nivel municipal el lugar de preparación de alimentos es similar para todos los municipios a excepción de Arauquita donde el lugar de preparación en cuarto exclusivo para la cocina es del 72% mientras que en los demás municipios supera el 91%, lo anterior se refleja en la *Gráfica 38*.

Gráfica 38 Lugares donde se preparan los alimentos en los hogares rurales de los municipios de Arauca

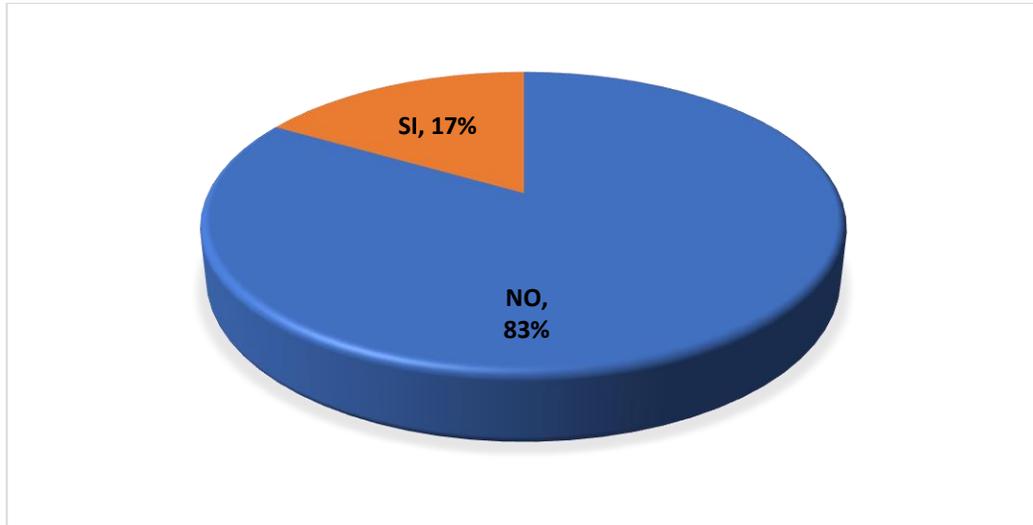


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Uso de segunda estufa para cocinar

Como se observa en la *Gráfica 39*, el 83% de los hogares rurales del departamento no usan una segunda estufa para cocinar, se debe mencionar que el uso de la segunda estufa es relativo ya que se puede emplear todo el tiempo o en ocasiones especiales. Estas segundas estufas son, por lo general, fogones de leña que organizan el mismo día de uso u hornos construidos y usados en ocasiones diferentes a la rutina diaria.

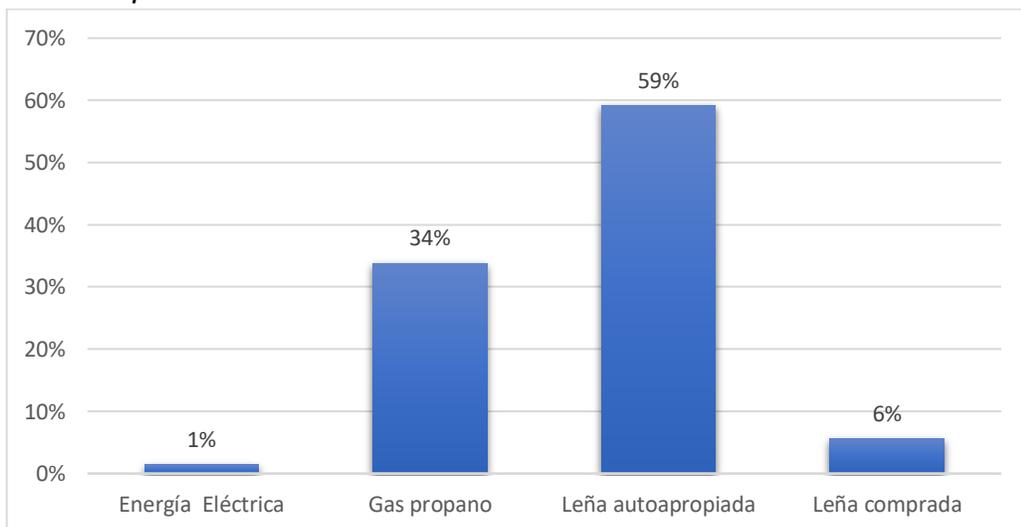
Gráfica 39 Uso de segunda estufa para cocinar en los hogares rurales del Departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

El principal combustible empleado para la preparación de alimentos en la segunda estufa es la leña ya sea autoapropiada o comprada con un 65% de los hogares del departamento, seguido por el gas propano y en menor medida la energía eléctrica con un 1%. Estos datos se encuentran organizados en el Gráfica 40.

Gráfica 40 Combustible principal utilizado para la segunda estufa en los hogares rurales del Departamento de Arauca

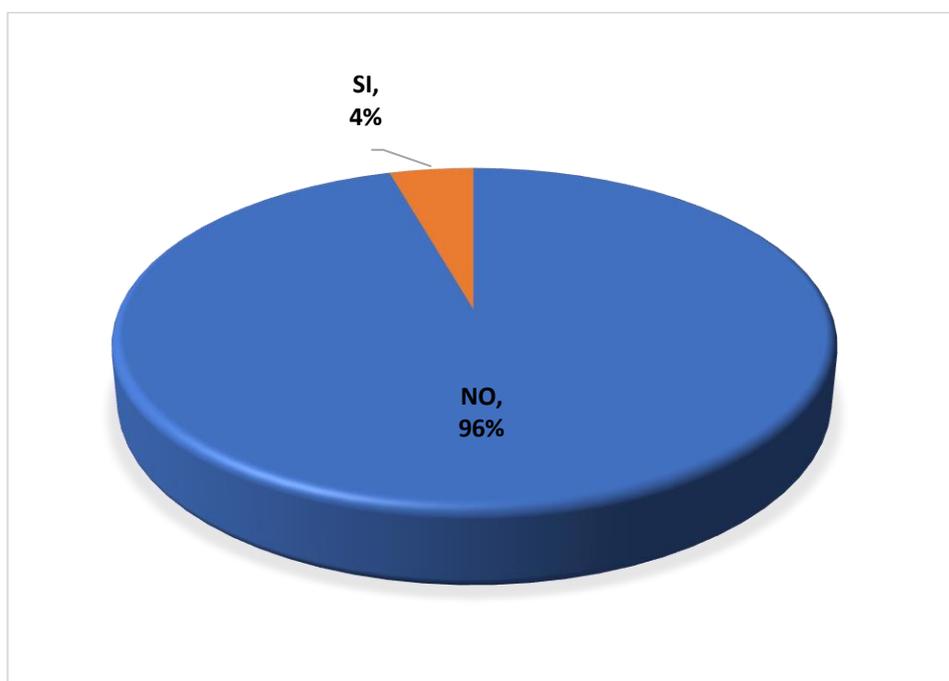


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Uso de horno

El horno es utilizado generalmente para preparar variedades de platos ya que permite asar, gratinar o calentar los alimentos, sin embargo, en la información recolectada en campo y mostrada en la *Gráfica 41* se evidencia que el 4% de los hogares poseen y lo emplean para la preparación de alimento.

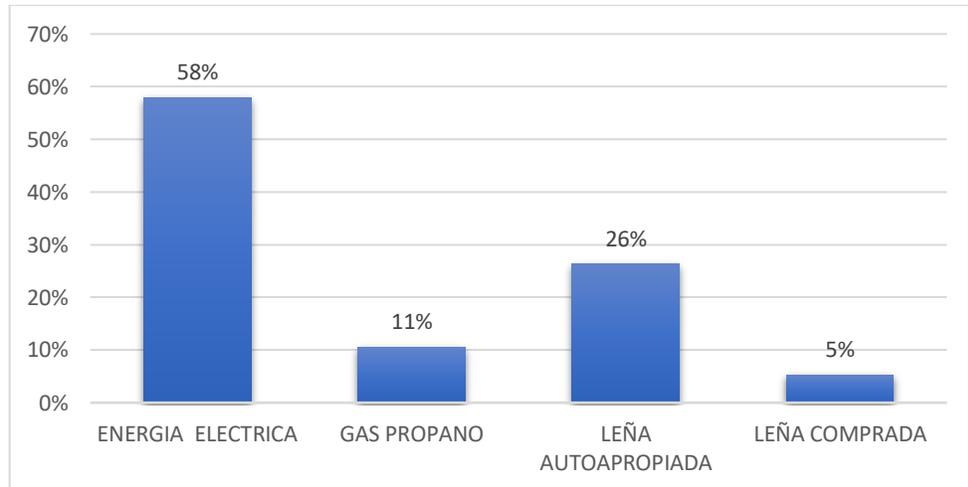
Gráfica 41 Uso de horno para cocinar en las viviendas rurales del Departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

En el departamento la fuente principal de energía empleada en el horno es la eléctrica, con un 58% de los hogares, seguido por la energía producida por leña con un 31% y en menor medida la energía de gas propano con un 11% según la *Gráfica 42*. Cabe resaltar que en los hornos que utilizan energía eléctrica están incluidos los microondas y freidoras.

Gráfica 42 Combustible principal utilizado en hornos en las viviendas rurales del Departamento de Arauca

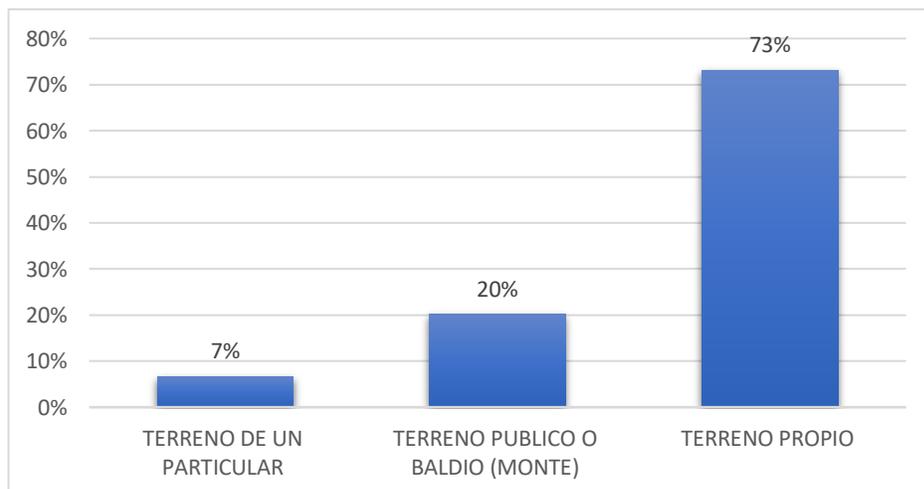


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Lugar de adquisición de leña

Según lo visto en la Gráfica 43, el 73% de los hogares rurales del departamento de Arauca, extraen y/o consiguen leña principalmente de terrenos propios, seguida de un 20% que lo realiza de terrenos públicos (monte) y en última posición menor al 7% lo extrae de terrenos particulares.

Gráfica 43 Lugar de adquisición de la leña en los hogares rurales del departamento de Arauca

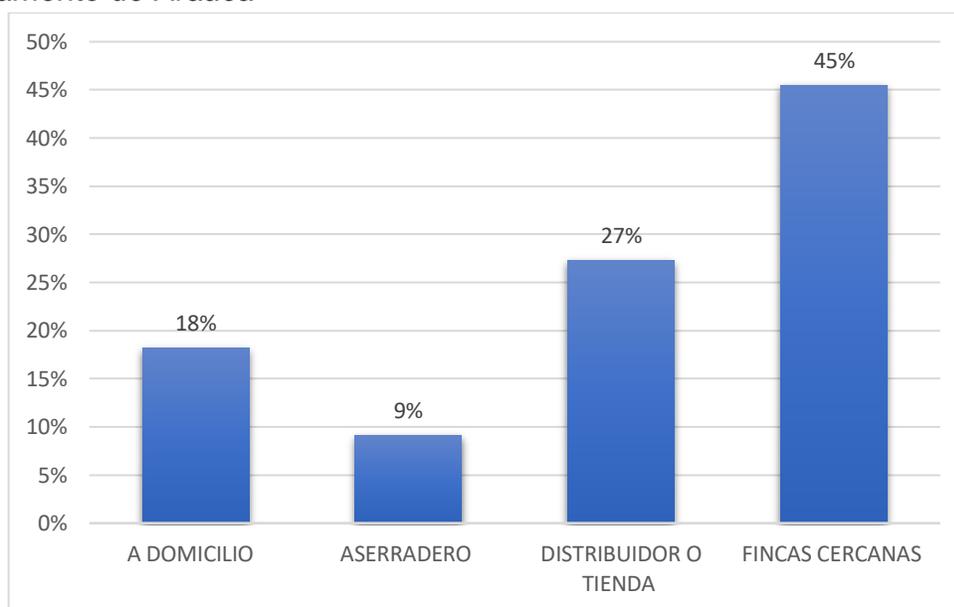


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Lugar de adquisición de leña comprada

En la *Gráfica 44* se muestra que el 45% de los hogares rurales del departamento de Arauca, compran regularmente la leña las fincas cercanas. Mientras que un 27% lo compra a distribuidor o tienda, un 18% a domicilio y en menor proporción con un 9% lo consiguen en aserraderos. Esto nos indica que su comercialización es muy reducida.

Gráfica 44 Lugar de adquisición de leña comprada en los hogares rurales del departamento de Arauca

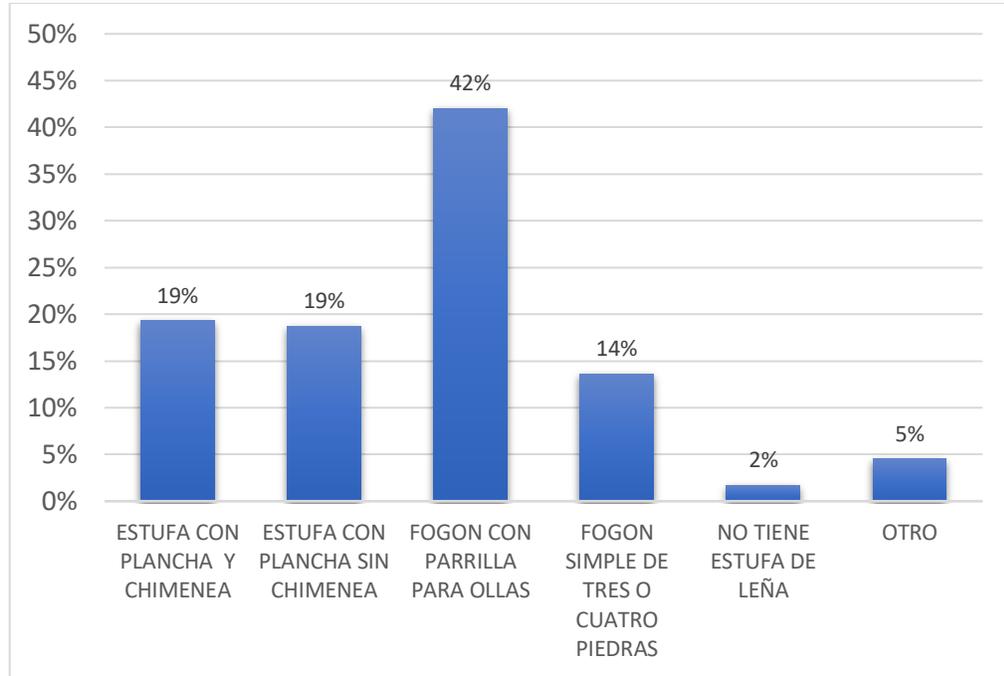


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Tipos de estufas

Los tipos de estufas usados para cocinar con leña varía. El 42% de los hogares rurales de Arauca, emplea casi exclusivamente para la cocción de sus alimentos la estufa de leña tipo fogón con parrilla para ollas, un 19% utilizan estufa con chimenea y sin chimenea, en menor medida se encuentra los fogones simples y otros tipos de estufas.

Gráfica 45 Tipos de estufas utilizadas en los hogares rurales del departamento de Arauca



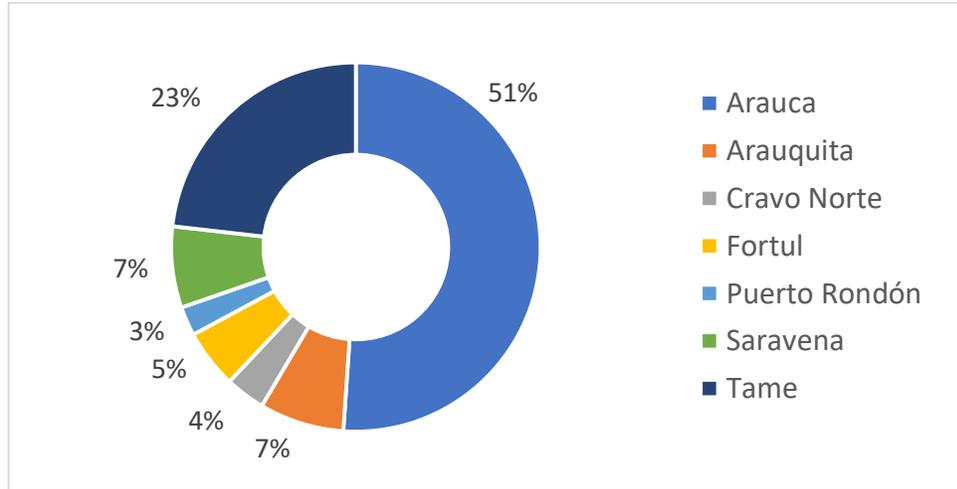
Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

9.5.2 Fuente de la energía en las viviendas rurales del departamento de Arauca

Consumo de Gas en el departamento

En el departamento de Arauca, el consumo de gas corresponde únicamente a gas propano puesto que no se cuenta con tuberías de gas natural, por lo que es abundante el consumo de gas de cilindro o pipeta. En la Gráfica 46 se observa el consumo de gas propano en los municipios de acuerdo a la cantidad de Kwh/día que consumen. El municipio de Arauca es donde más se consume al día comparado con los otros municipios con un 51,09% del total y Puerto Rondón el de menor consumo con 2,55% del total.

Gráfica 46 Consumo de GLP en los municipios de Arauca

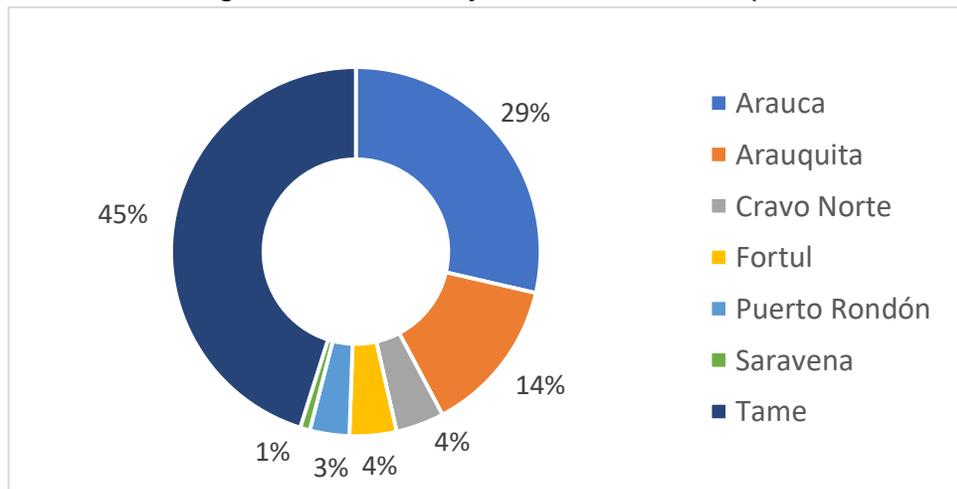


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Consumo de gasolina, kerosene y ACPM

La participación de los municipios en el consumo de los combustibles se muestra en la Gráfica 47 donde se observa que el consumo de gasolina y ACPM en el departamento es amplio y aproximadamente un 70% del total de viviendas usan algún combustible. El municipio de mayor consumo es Tame con un 45,12% del total y el de menor consumo es Saravena con menos del 1%. En la Gráfica 47 se muestra la participación de los municipios en consumo de los combustibles.

Gráfica 47 Consumo de gasolina, kerosene y ACPM en los municipios de Arauca

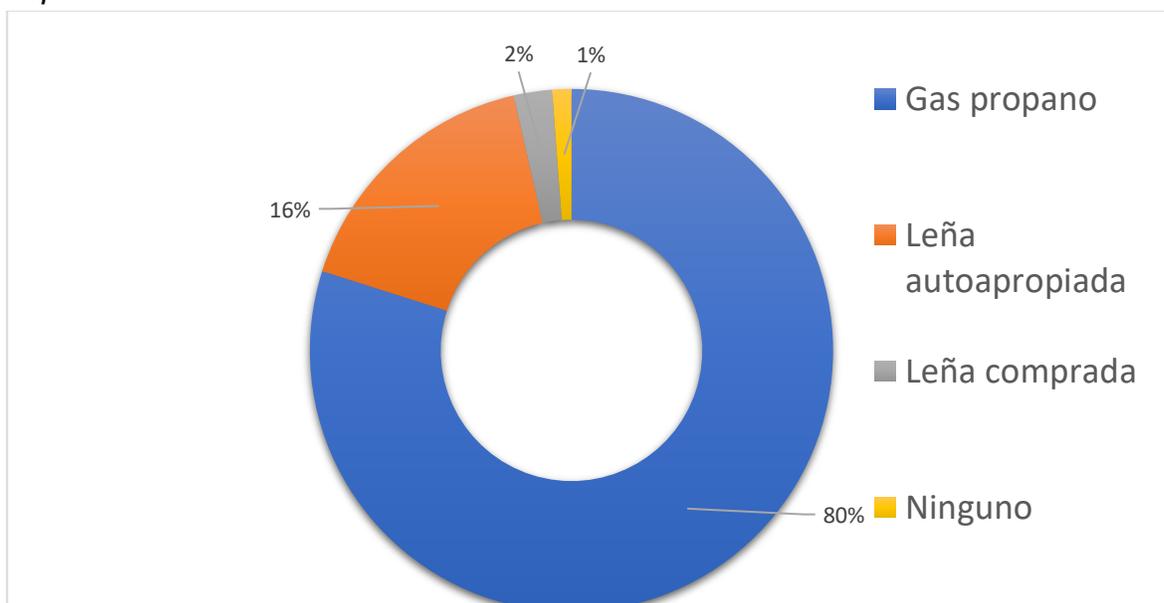


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

Combustible principal usado para cocinar

La mayoría de los hogares rurales del departamento de Arauca utilizan principalmente el gas propano, de acuerdo a la *Gráfica 48*, con aproximadamente un 80% como combustible para la preparación de alimentos y cerca del 19% aprovecha la leña ya sea comprada o autoapropiada. Se encontró que el departamento no posee servicio de gas natural en ninguno de sus municipios.

Gráfica 48 Combustible principal utilizado para cocinar en los hogares rurales del departamento de Arauca

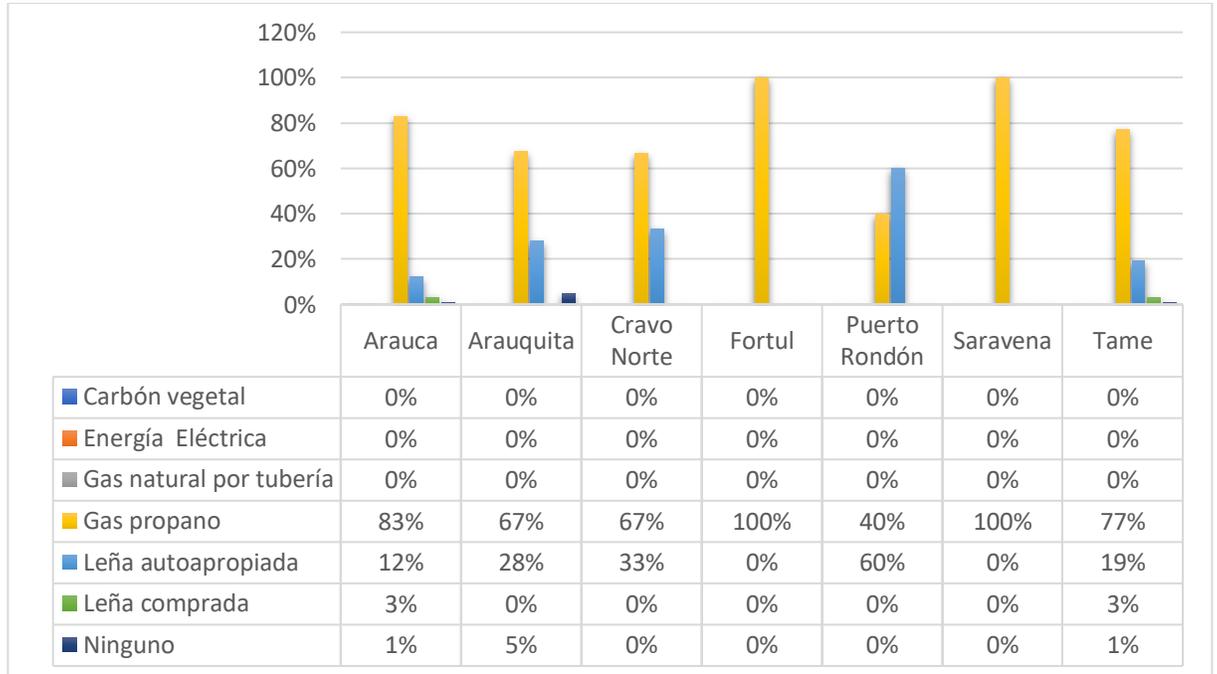


Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

En los municipios varía un poco el combustible empleado para cocinar, Fortul y Saravena aprovechan únicamente el gas propano mientras que Puerto Rondón posee un 60% de los hogares utilizan la leña, en los otros municipios el comportamiento es similar al departamental.

La proporción de uso de los diferentes combustibles en cada uno de los municipios de Arauca se visualiza en la *Gráfica 49* donde en cada uno de los municipios el gas propano es el usado principalmente.

Gráfica 49 Combustible principal utilizado en las zonas rurales de los municipios del departamento de Arauca



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

RESULTADOS

Según la información del SUI, en el departamento de Arauca en los últimos cinco años se ha duplicado el consumo de energía eléctrica y el número de suscriptores aumentó en un 22%. El municipio de Arauca registra el mayor consumo en el departamento con 78,14 GW entre la zona urbana y rural del municipio para el año 2016 y el municipio de Cravo Norte es el que registra el menor consumo con 2,08 GW en el mismo año.

Para el departamento se estableció un marco muestral de 392 encuestas residenciales de las cuales 209 se realizaron en el municipio de Arauca debido a la cantidad de viviendas y en los municipios de Cravo Norte y Puerto Rondón se realizaron ocho y siete, respectivamente, siendo los municipios con menor número de encuestas asignadas.

De acuerdo a la información primaria recolectada en el departamento de Arauca, no se encuentra consumo de energía en calefacción esto puede ser debido a la temperatura ambiente de la región. Por el contrario, el mayor consumo según los formularios de recolección de información es la energía empleada en refrigeración, en donde se encuentran varios equipos como neveras, cavas, nevecones, congeladores y cuartos fríos.

Hay una cobertura en el servicio de energía eléctrica en la zona rural del 90% según la información primaria obtenida y al observar los datos de frecuencia de las interrupciones en el servicio y los datos de frecuencia en el suministro del servicio se puede decir que más del 50% de las viviendas que tienen energía eléctrica, no cuentan con un suministro constante del servicio eléctrico.

El equipo eléctrico más abundante en el departamento es el teléfono celular con más del 50% del total de equipos encontrados en el departamento seguido del televisor con el 10%, en cuanto a consumo el equipo que ocupa el primer lugar es la lavadora con más del 35% del total de KWh consumidos en equipos eléctricos seguido del televisor con un poco más del 31%.

Para cocción se usa leña autoapropiada y en menor escala, la leña comprada. También hay consumo de gas en el departamento, pero únicamente de cilindro debido a que no hay conexión de gas natural (por tubería).

DISCUSIÓN

Los sistemas de información eléctrica como el SIEL Y el SUI dependen de la información brindada por los operadores de red o empresas encargadas del servicio de energía eléctrica, suministran información acerca de suscriptores, consumos y ofertas de electricidad instalada en el país. Aunque se limitan a la cantidad de suscriptores que manejan, dejando a un lado las viviendas o posibles suscriptores que no poseen el servicio.

Es necesario conocer la posible demanda futura de las viviendas que no cuentan con cobertura eléctrica, para brindar una solución energética sin tener en cuenta si es convencional o no convencional.

La falta de gas natural en todo el departamento afecta la economía en todos los sectores debido al incremento del costo del cilindro. Las viviendas en el sector rural optan por otras alternativas usadas para la cocción diaria que realizan; en el caso del municipio de Saravena, estadísticamente sólo se usa gas propano en cilindro, pero en las otras zonas rurales del departamento utilizan leña, en su mayoría autoapropiada para cocción. La madera más usada es la del Guamo y la del Cacao, que se encuentra como residuo de las plantaciones en las zonas aledañas a las viviendas.

CONCLUSIONES

Los sistemas de información del Estado como el SIEL y el SUI son de vital importancia en la elaboración del documento gracias a que suministra toda la información de las empresas encargadas, desde cobertura eléctrica hasta los servicios públicos domiciliarios.

La base de datos que posee el Sistema Único de Información de Servicios Públicos es muy útil para el desarrollo del estudio, éste provee datos anuales de consumo de energía eléctrica y número de suscriptores de todas las empresas de energía que prestan el servicio en el departamento, todo lo anterior es clasificado por zonas urbanas y rurales.

El uso del consolidado de encuestas elaborado por el equipo de sistemas del proyecto PERS Orinoquia en Excel fue indispensable para el análisis de información primaria ya que facilitó el manejo de datos y redujo la posibilidad de error.

La planeación de las rutas en algunos municipios no se pudo realizar por completo debido a temas de orden público presente, para ello el proyecto PERS Orinoquia decidió reemplazar unos puntos residenciales en los demás municipios del departamento para cumplir el marco muestral establecido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Echeverri, *El enfoque territorial del desarrollo rural, versión preliminar*, San José: IICA, 2003.
- [2] F. y. B. S. Ellis, *Evolving themes in rural development 1950 - 2000*, Development Policy Review, 2001.
- [3] J. Gonzalez, «Una aproximación al estudio de la transformación ecológica del paisaje rural colombiano 1850 - 1990», de *Ensayos de historia ambiental de Colombia 1850 - 1995*, Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales, 2001.
- [4] V. J. Manish Ranjan, «Modelling of electrical energy consumption in Delhi,» *Energy*, vol. 24, nº 4, pp. 273-362, 1999.
- [5] M. M. y. L. Sánchez, «Curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de Mexico,» *Smart Metering West Coast*, 2008.
- [6] C. A. A. M. C. P. y. E. H. Saavedra, «La Demanda Residencial por Energía Eléctrica en Chile,» Universidad de Chile, 2009.
- [7] A. G. R. S. y. P. S. José Miguel Benavente, «Estimando la Demanda Residencial por Electricidad en Chile: El Consumo es Sensible al Precio,» *Cuadernos de Economía*, vol. 42, pp. 31-61, 2005.
- [8] J. O. V. M. G. Andrés Felipe Barrientos, «Un modelo spline para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica,» *Revista Colombiana de estadística*, vol. 30, nº 2, pp. 187-202, 2007.
- [9] M. M. y. D. Martinez, «EL CONCEPTO DE ENERGÍA EN LOS LIBROS DE TEXTOS: DE LAS CONCEPCIONES PREVIAS A LA PROPUESTA DE UN NUEVO SUBLENGUAJE,» 1994.
- [10] A. G. ARIAS, «El concepto de "energía" en la enseñanza de las ciencias».
- [11] E. Harper, *tecnologías de generacion de energía eléctrica*, 2009.
- [12] J. L. R. Mora, *Indice de cobertura eléctrica 2015*, 2015.
- [13] «MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CARTOGRAFÍA DEL TERRITORIO COLOMBIANO,» Rioacha, 2017.

- [14] S. C. G. N. L. A. y. M. R. Z. Marta Alelu Hernandez, «Estudio De Encuestas».
- [15] .. Gobernación de Arauca, «Plan de Desarrollo Departamental 2016 - 2019 "Humanizando el Desarrollo",» Arauca, 2016.
- [16] DANE, Conceptos básicos.
- [17] .. Alcaldía de Arauca, «Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 "En Arauca creemos y podemos desarrollar territorio de Paz",» Arauca, 2016.
- [18] .. Alcaldía de Arauquita, «Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 "Arauquita más Social y Productiva",» Arauquita, 2016.
- [19] DANE, ESTIMACIONES DE POBLACIÓN 1985-2005 (4) Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN 2005-2020 NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y MUNICIPAL POR SEXO, GRUPOS QUINQUENALES DE EDAD, 2011.
- [20] .. Alcaldía de Cravo Norte, «Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 "Gobierno con Humildad",» Cravo Norte, 2016.
- [21] .. Alcaldía de Puerto Rondón, «Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019 "Así Ganamos Todos",» Puerto Rondón, 2016.
- [22] R. Negocios, 20 años mas sin cobertura nacional de energia, 2013.
- [23] E. López, «Agricultura y desarrollo: una nota sobre la literatura,» de *Proyecto Prospectiva de desarrollo rural y agrario para la paz de Colombia*, Bogotá, 2003.
- [24] J. Forero, de *Evaluación general del programa de Desarrollo Rural Integrado en Colombia*, Bogotá, Universidad Javeriana, 1990.
- [25] J. Echenique, «Algunas reflexiones sobre el programa DRI,» Bogotá, 1987.
- [26] A. De Janvry, «Campesinos y desarrollo en América Latina,» Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1991.
- [27] A. Pantoja y D. Fajardo, «Plan de energización rural sostenible para el departamento de Nariño,» 2014. [En línea]. Available: http://www.ipse.gov.co/estructuraorganica/asignaciones-salariales-i/doc_download/1223-presentacion-pers-narino.
- [28] Congreso de Colombia, «Ley N° 1715 Del 13 de mayo de 2014,» 2014. [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf.

- [29] Observatorio del Territorio, «Plan de Energización Rural Sostenible -PERS Orinoquia,» 2016. [En línea].
- [30] V. J. Manish Ranjan, «Modelling of electrical energy consumption in Delhi,» *Energy*, 1999.