

Informe final: Contrato UPME C-111-2022

Caracterización del uso de leña y otros combustibles altamente ineficientes para la cocción de alimentos en una muestra representativa de hogares rurales del departamento de Nariño y efectuar un análisis de viabilidad técnica, económica y social de su sustitución, como insumo para la validación del Plan Nacional de Sustitución de Leña.

Presentado a: Unidad de Planeación Minero-Energética UPME

Por Grupo consultor UTADEO:

Líder :	Yineth Piñeros Castro
Profesional social:	Alejandro Benavides
Profesionales de apoyo:	Camilo Torres Sanabria Jorge Herrera Cuartas Nicolas David Piñeros Guerrero Jesús David Coral Miguel Ángel Vargas
Profesionales Geomática:	Johner Correa Angélica Murcia
Prof. Apoyo administrativo:	Silvia Liliana García Lina Isabel Villa

Contenido

Título	1
Contenido	2
Lista de figuras	4
Lista de tablas	6
1. Introducción	7
2. Contexto general del Departamento de Nariño	9
2.1. Condiciones geográficas y de infraestructura vial	10
2.2. Estructura poblacional del Departamento de Nariño	12
2.3. Viviendas rurales en Nariño	16
2.4. Indicadores territoriales	18
2.4.1. Nuevo Índice de desempeño fiscal (2021)	18
2.4.2. Necesidades básicas insatisfechas	19
2.4.3. Planes gubernamentales que contemplan aspectos de energía en las zonas rurales del Departamento de Nariño	20
3. Caracterización del uso de leña y otros CIAC en la cocción de alimentos en los hogares rurales del Departamento de Nariño	23
3.1. Levantamiento de información primaria	23
3.2. Caracterización socioeconómica hogares rurales de Nariño	26
3.3. Condiciones generales de la cocción de alimentos en el Departamento de Nariño	31
3.4. Afectaciones o externalidades identificadas en Nariño	36
3.5. Consumo de leña y demanda de energía para la cocción de alimentos en los hogares rurales en del Departamento de Nariño	39
4. Diagnóstico de alternativas para la sustitución de leña y otros CIAC en el Departamento de Nariño	45
4.1. Sustitución de leña en Nariño	45
4.2. Alternativa Energía eléctrica	46
4.2.1. Descripción de la alternativa	46
4.2.2. Consideraciones económicas, sociales y ambientales	48
4.2.3. Antecedentes de la alternativa	48
4.2.4. Situación actual de la alternativa en Nariño	50
4.2.5. Planes de expansión de la alternativa	54
4.3. Alternativa Gas licuado de petróleo (GLP)	55
4.3.1. Descripción de la alternativa	55
4.3.2. Consideraciones técnicas	56
4.3.3. Consideraciones económicas	57
4.3.4. Consideraciones sociales y ambientales	58
4.3.5. Situación actual de la alternativa en Nariño	58
4.3.6. Cobertura actual del servicio GLP por redes	59
4.3.7. Planes de expansión de la alternativa o proyectos futuros	61
4.4. Biogás	62
4.4.1. Características generales del Biogás	63

5. Evaluación de alternativas para la sustitución de leña en Nariño	70
5.1. Descripción de la metodología AHP	70
5.2. Alternativas, dimensiones y criterios	70
Dimensión Técnico sectoriales	70
Dimensión Económica	70
Dimensión socio-cultural	71
Dimensión ambiental	71
Dimensión Político institucional	71
5.3. Ponderación de dimensiones y criterios	72
5.4. Aplicación de la metodología AHP para evaluar las alternativas de Sustitución de leña en el departamento de Nariño	73
6. Estudios de prefactibilidad proyectos de sustitución de leña en los municipios de Túquerres y Tumaco	75
6.1. Estudio de Prefactibilidad para la implementación de la expansión de la red de GLP, ampliación de uso de Pipeta y uso de estufas de inducción para la Sustitución de Leña para la cocción en el municipio de Túquerres en el Departamento de Nariño	75
6.1.1. Análisis del entorno de Túquerres	75
6.1.2. Dimensión político institucional de Túquerres	77
6.1.3. Análisis de las alternativas propuestas	77
6.2. Estudio de Prefactibilidad para la implementación del aumento de uso de GLP por pipeta, expansión de la red de GLP, e implementación de soluciones individuales de generación de Biogás para la Sustitución de Leña para la cocción en el municipio de Tumaco en el Departamento de Nariño	81
6.2.1. Análisis del entorno de Tumaco	82
6.2.2. Análisis de las alternativas propuestas	84
7. Conclusiones y recomendaciones	89
Bibliografía	92

Lista de figuras

1.	Subregiones del departamento de Nariño y su composición por municipios. Fuente: Elaboración propia con datos Gobernación de Nariño (2019).	9
2.	Territorios PDET en Nariño. Elaboración propia con datos Dane 2018 [17].	10
3.	Mapa de pendientes del departamento de Nariño. Insumo inicial: Capa Curvas de nivel Escala 1:100.000 – IGAC 2020.	11
4.	Mapa de la red vial del departamento de Nariño Fuente: Gobernación de Nariño – Año 2021.	12
5.	Ubicación geográfica de los pueblos indígenas del Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia con base en información Gobernación de Nariño (2016).	13
6.	Distribución de los Consejos Comunitarios en el Departamento de Nariño, Fuente: Elaboración propia con base en [2].	15
7.	Porcentaje de Viviendas Zona Rural Fuente: Elaboración propia con datos Dane 2018 [17].	16
8.	Viviendas Indígenas Zona Rural Fuente: Elaboración propia con datos Dane 2018 [17].	17
9.	Densidad de viviendas rurales (Viviendas Zona Rural dispersa por unidad de vivienda). Fuente: Elaboración propia con datos Dane 2018 [17].	18
10.	Nuevo índice de desempeño fiscal de cada uno de los municipios de Nariño, elaboración propia con datos DNP 2021 [19].	19
11.	Proporción de personas con necesidades básicas insatisfechas – Centros poblados y rural disperso municipios de Nariño, elaboración propia con datos Dane 2018 [17].	20
12.	Representación del proceso de llegada al territorio. Fuente. Elaboración propia.	24
13.	Evidencia de capacitación de los encuestadores realizada en el municipio de Túquerres. Fuente: Elaboración propia.	25
14.	Distribución de las viviendas encuestadas. Fuente. Elaboración propia.	26
15.	a) Número de hogares por vivienda. b) Número de integrantes por vivienda. Fuente: Elaboración propia.	27
16.	Formas de llegar a la vivienda. Fuente: Elaboración propia.	27
17.	Vías de acceso a la vivienda. Fuente: Elaboración propia.	28
18.	Material de construcción de las viviendas. Fuente: Elaboración propia.	28
19.	Acceso a programas del Estado. Fuente: Elaboración propia.	29
20.	Fuentes de ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia.	29
21.	Nivel máximo de educación alcanzado. Fuente: Elaboración propia.	30
22.	a) Población identificada con algún grupo étnico. b) Declaración como víctima de la violencia. Fuente: Elaboración propia.	30
23.	Lugar de la vivienda para la cocción de alimentos. Fuente: Elaboración propia.	31
24.	Número de veces que cocina al día Fuente: Elaboración propia.	32
25.	Estado de la estufa. Fuente: Elaboración propia.	32
26.	Tipo de estufa o fogón de leña. Fuente: Elaboración propia.	33
27.	Fuente u origen de la leña. Fuente: Elaboración propia.	33
28.	Costos de las unidades compradas de leña. Fuente: Elaboración propia.	34
29.	Tipo de leña consumida para cocinar. Fuente: Elaboración propia.	34
30.	Principal razón de consumir leña. Fuente: Elaboración propia.	35
31.	Disponibilidad a cambiar la leña. Fuente: Elaboración propia.	35
32.	Razón de no cambiar la leña. Fuente: Elaboración propia.	36
33.	Consumo diario (kg) de leña en las viviendas Fuente: Elaboración propia.	36

34.	Conocimiento sobre los efectos al medio ambiente y salud. Fuente: Elaboración propia.	37
35.	Identifica a un familiar fallecido por exposición a la leña. Fuente: Elaboración propia.	37
36.	Persona que cocina y está más expuesta a los humos de la leña. Fuente: Elaboración propia.	38
37.	Distancia recorrida y tiempo utilizado para recolectar leña. Fuente: Elaboración propia.	38
38.	Disponibilidad para pagar y montos por un cambio que mejore la calidad de vida. Fuente: Elaboración propia.	39
39.	Combustibles utilizados en la cocción de alimentos en las zonas rurales del Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia.	39
40.	Consumo de leña por municipio en toneladas por año. Fuente: Elaboración propia.	41
41.	Gasto energético – Leña por año por municipio en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.	42
42.	Gasto energético – GLP por año por municipio en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.	43
43.	Demanda de Energía para la cocción por municipio en las zonas rurales en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.	44
44.	Mapa de irradiación solar de Nariño Fuente: Elaboración propia con datos [47].	47
45.	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica en zonas rurales Fuente: Elaboración propia con datos de [8]	52
46.	Porcentaje de viviendas con energía eléctrica zona rural Fuente: Elaboración propia con datos (CENSO, 2018).	53
47.	Esquema de distribución de GLP por redes Fuente: Plan de sustitución de leña de la UPME [48].	56
48.	Esquema de distribución de GLP por cilindros Fuente: Plan de sustitución de leña de la UPME [48]	56
49.	Municipios con red de GLP (actuales y en proceso). Elaboración propia con información proyectos.	60
50.	Fases de producción de biogás Fuente: [29].	63
51.	Producción de biomasa agrícola por año (ton/año).	66
52.	Potencial para generación de energía de residuos agrícolas en el departamento de Nariño, discriminado por subregiones. Fuente: Elaboración propia.	69
53.	Producción teórica de biogás a partir de residuos agropecuarios (m ³ /año). Fuente: Elaboración propia.	69
54.	Modelo de Jerarquía planteado. Fuente: Elaboración propia.	71
55.	División Política del Municipio de Túquerres. Fuente: Elaboración propia con base en información de la capa de referencia de veredas del Dane 2020, citeDANE2020.	76
56.	Buffer propuesto para propanoductos GLP en Túquerres, Ospina y Providencia. Fuente: Elaboración propia.	78
57.	Consejos comunitarios en Tumaco. Fuente: Elaboración Propia.	83
58.	Buffer propuesto para propanoductos GLP en Tumaco. Fuente: Elaboración Propia. Fuente: Elaboración Propia.	87

Lista de tablas

1.	Información de la población presente en las subregiones de Nariño.	14
2.	Muestra representativa y encuestas efectivas de los municipios.	24
3.	Información viviendas rurales ocupadas en las diferentes subregiones del Departamento.	25
4.	Información por municipio.	40
5.	Consumo de GLP en los municipios estudiados y demanda total de energía.	42
6.	Requerimientos para la sustitución de leña por mes por municipio.	45
7.	Generación de emisiones de las alternativas.	46
8.	Porcentaje de reducción de emisiones por alternativa de sustitución.	46
9.	Proyectos Energía Eléctrica ejecutado en el Departamento de Nariño.	50
10.	Viviendas sin servicio de energía eléctrica Fuente: índice de cobertura de energía eléctrica [8]	51
11.	Proyectos de expansión conectividad eléctrica Departamento de Nariño.	55
12.	Consumo de GLP por pipetas.	59
13.	Plantas almacenadoras y envasadoras de GLP en Nariño.	59
14.	Rendimientos Obtenidos en la Producción de Biogás.	64
15.	Producción de biomasa residual por sector representativo.	64
16.	Unidades productivas por cadenas priorizadas en el Departamento de Nariño.	65
17.	Producción agrícola representativa en las 13 subregiones del departamento de Nariño	65
18.	Unidades porcinas y generación de estiércol porcino en el Departamento de Nariño.	67
19.	Análisis último de diferentes tipos de biomasa.	68
20.	Clasificación de los criterios.	70
21.	Ponderación de las dimensiones generadas por los dos grupos focales.	72
22.	Ponderación de los criterios de la dimensión Técnico sectoriales generadas por los dos grupos focales.	72
23.	Ponderación de los criterios de la dimensión Económica generadas por los dos grupos focales.	73
24.	Ponderación de los criterios de la dimensión socio-cultural generadas por los dos grupos focales.	73
25.	Ponderación de los criterios de la dimensión ambiental generadas por los dos grupos focales.	73
26.	Ponderación de los criterios de la dimensión Político institucional generadas por los dos grupos focales.	73
27.	Resultado de aplicación de la metodología AHP en la selección de la alternativa más viable en cada municipio.	74
28.	Alternativas viabilizadas municipios Túquerres y Tumaco.	74
29.	Requerimientos Para La Sustitución Por Mes Por Municipio.	75
30.	Población beneficiada por la implementación de cada alternativa.	75
31.	Análisis crecimiento de la población Túquerres 2005-2018.	77
32.	Estado actual GLP red en Túquerres.	77
33.	Construcciones en los rangos de distancia del municipio de Túquerres.	79
34.	Cilindros vendidos en Túquerres.	79
35.	Requerimientos Para La Sustitución Por Mes en el municipio de Tumaco.	82
36.	Población beneficiada por la implementación de cada alternativa.	82
37.	Información de San Andrés de Tumaco.	83
38.	Cilindros vendidos en Tumaco por capacidad.	84
39.	Construcciones en los rangos de distancia del municipio de Tumaco.	87

1 Introducción

La Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, ha venido formulando el Plan Nacional de Sustitución de Leña (PNSL), el cual tiene como objetivo brindar lineamientos para disminuir las problemáticas generadas durante el proceso de cocción de alimentos con leña u otros combustibles de uso ineficiente. En general el uso excesivo de la leña genera problemas de salud en la población y medioambientales asociados, tales como la emisión de material particulado y la tala indiscriminada de bosques. Aunque han surgido iniciativas a nivel nacional, tales como la instalación de estufas de GLP y subsidio del gas combustible en pipeta o cilindro, así como el acceso a estufas de leña más eficientes, la problemática sigue aún vigente. En este orden de ideas, específicamente se busca lograr la sustitución progresiva de leña, madera, carbón de leña, carbón mineral, petróleo, gasolina, kerosene, alcohol y materiales de desecho. El plan ha sido elaborado aplicando la metodología de enfoque territorial desarrollada por la UPME por lo que plantea un análisis integral de las causas y de las externalidades asociadas al consumo cotidiano de la leña y de otros combustibles de uso ineficiente y altamente contaminante a nivel departamental, y de las acciones a desarrollar para sustituir y desincentivar su utilización en las diversas regiones del país. De hecho, en el marco de la consultoría se realizó un taller multi-actor en el Departamento de Nariño, cuyo objetivo fue la socialización del PNSL y la retroalimentación de sus líneas estratégicas, así como consolidar información sobre la percepción de los diferentes actores estratégicos del territorio sobre los criterios planteados para la selección de alternativas de sustitución. Los detalles metodológicos y los resultados se presentan en el Anexo 2.

La UPME ha propuesto el estudio a nivel nacional y departamental de las externalidades, considerando las características socioeconómicas y de las viviendas de los hogares presentes en las zonas rurales. De igual forma es necesario determinar los recursos energéticos que puedan ser considerados como posibles alternativas para la sustitución de la leña, dentro de los cuales se encuentra el Gas licuado de petróleo, el gas natural, el biogás y la electricidad. En este contexto, la UPME ha contratado a la Universidad Jorge Tadeo Lozano para el desarrollo de la consultoría que tiene como objetivo adelantar la caracterización del uso de leña y otros combustibles altamente ineficientes para la cocción de alimentos en una muestra representativa de hogares rurales del departamento de Nariño y efectuar un análisis de viabilidad técnica, económica y social de su sustitución, como insumo para la validación del Plan Nacional de Sustitución de Leña. En este documento se presentan los principales resultados de la consultoría; inicialmente se describe la caracterización a nivel departamental del contexto energético usado para la cocción, a partir de información recolectada en las zonas rurales de 16 municipios que representan las 13 subregiones del departamento de Nariño, municipios que cuentan con la mayor densidad poblacional y el mejor avance en infraestructura e interconectividad rural. La información se levantó aplicando un instrumento o encuesta estructurada (Anexo 1), permitiendo identificar las características de los hogares rurales que usan combustibles de uso ineficiente y altamente contaminantes (CIAC). Se describe detalladamente la información de acceso a la vivienda, incorporando todas aquellas variables que den viabilidad a cualquier alternativa de sustitución, ya sea por la composición topográfica, o por las vías de acceso y estado de estas. Se adicionan las condiciones de la cocción en cuanto al sitio, tipo y fuente de combustible, tipo de estufa, tiempo de utilización entre otros. Se continúa con la descripción las variables más importantes para tener en cuenta en los futuros planes de sustitución de leña y otros CIAC en las zonas rurales del departamento de Nariño. Adicionalmente se realiza el análisis del consumo de leña en el Departamento, con el fin de identificar los municipios de mayor consumo, así como de la demanda de energía para la cocción de alimentos, la cual constituye una base para el cálculo de las unidades de requieren de cada una de las alternativas para la sustitución de la leña. Posteriormente

se presenta un análisis de las alternativas que tiene el departamento de Nariño para desarrollar un escenario de transición al uso de fuentes energéticas más sostenibles para la cocción de alimentos. Se realiza una descripción de las alternativas que se enmarcan en el PNSL, dentro de las que se incluyen la energía eléctrica, el gas natural, el gas licuado de petróleo GLP y el biogás, con un enfoque territorial, lo cual constituye una base de información fundamental para determinar la viabilidad de tales alternativas. El documento describe consideraciones técnicas, económicas, sociales y ambientales, analizando los antecedentes para el Departamento de Nariño, proyectos realizados y en ejecución, población beneficiaria, entes financiadores y recursos invertidos, situación actual de las alternativas en el departamento en cuanto a oferta energética, condiciones de la infraestructura, cobertura actual, prestadores del servicio, subsidios, costos, caracterización de los usuarios y proyecciones identificadas para la ampliación de la cobertura. En el caso particular del biogás, se presenta un análisis del potencial para su generación en las diferentes subregiones del Departamento, considerando la generación de biomasa de origen agrícola y pecuaria, así como los retos y desafíos para la implementación de esta alternativa en los hogares rurales de Nariño. A continuación, se proponen criterios que permitirán establecer la alternativa más pertinente a nivel local o regional, para la sustitución de los CIAC en la cocción de alimentos, considerando las dimensiones: técnica, económica, socio-cultural, política y ambiental. Posteriormente se describe la metodología para la aplicación de la herramienta de evaluación multicriterio (AHP), utilizada para la evaluación de las alternativas de sustitución de leña. Los resultados permitieron identificar las tres alternativas de sustitución más apropiadas en cada uno de los municipios abordados. Para finalizar se plantean los proyectos de sustitución de leña en los municipios de Tumaco y Túquerres y se realiza un análisis de los principales aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales que permiten indicar la prefactibilidad de éstos.

con vías principales, secundarias o terciarias según el reporte de la Gobernación de Nariño corresponden con: Francisco Pizarro, La Tola, Magüi, Mosquera, Olaya Herrera y Roberto Payán.

Así las cosas, dado que la red vial no corresponde a la totalidad de los municipios, sumado al estado de las vías y las condiciones de pendiente del terreno, es concluyente que se dificulta la operación y distribución de GLP por pipeta en las zonas rurales, a través de las empresas prestadoras del servicio público, aspecto que cobra mayor visibilidad en la zona de la Costa Pacífica. En la Figura 4, se presenta la información de infraestructura vial suministrada por la Gobernación de Nariño.

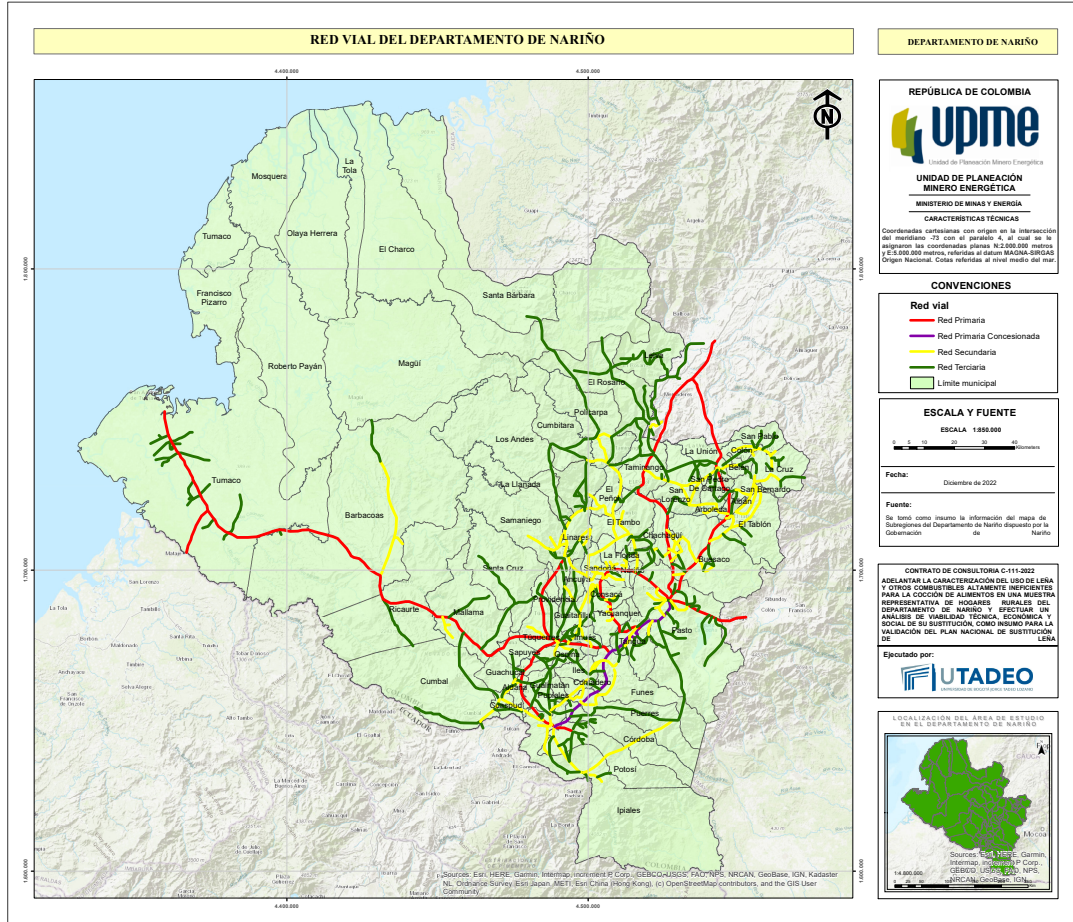


Figura 4. Mapa de la red vial del departamento de Nariño Fuente: Gobernación de Nariño – Año 2021.

2.2 Estructura poblacional del Departamento de Nariño

La población total censada del departamento para el año 2018 fue de 1.335.521 personas donde 681.767 son mujeres (51%) y 653.754 son hombres (49%). Se proyecta para el año 2050 una población de 756.448 personas en las Cabeceras Municipales y 952.357 personas en Centros Poblados y Rural disperso, para un total de 1.708.805 personas un aumento aproximado del 28 % en comparación a 2018. La distribución étnica en el departamento se compone de comunidades indígenas (15,7 %), afrocolombianos (17,8 %) y no perteneciente a ningún grupo étnico (66,5 %) [17]. En cuanto a la distribución poblacional 647.595 personas

(48,5 %) se ubican en cabeceras municipales; 162.497 personas (12,2 %) se ubican en centros poblados y 525.429 personas (39,3 %) se ubican en rural disperso.

En general, Nariño se caracteriza por ser un Departamento multiétnico y pluricultural. Los grupos étnicos, en general conocen a profundidad el territorio y son estratégicos para la implementación de alternativas para la sustitución de Leña. El 32,9 % de la población, de acuerdo con el Censo 2018, corresponde a grupos étnicos, entre los que se encuentran 206.455 indígenas (15,5 %), 232.847 afrodescendientes (17,4 %) y 141 Rom Gitanos. En el Departamento se reconocen 7 pueblos indígenas: los Pastos, con 155.214 personas (75,2 %); el pueblo Awá, con 39.005 (18,9 %); el pueblo Quillasinga, con 5690 (2,8 %), el pueblo Inga con 2187 (1 %); el pueblo Eperera Siapidara, con 2137 (1 %); el pueblo Cofán, con 217 (0,1 %) y el pueblo Nasa, con 208 (0,1%). Adicionalmente, se reportan personas que residen en el Departamento, que se reconocen como parte de otros pueblos, tanto del país como del extranjero, donde se tienen representantes de 60 pueblos indígenas diferentes y 1423 personas que se reconocen como indígenas sin determinar el pueblo al que pertenecen (0,7 %) [17](Gobernación de Nariño, 2020). En la Figura 5 se muestra la distribución geográfica de los pueblos indígenas en el Departamento de Nariño.

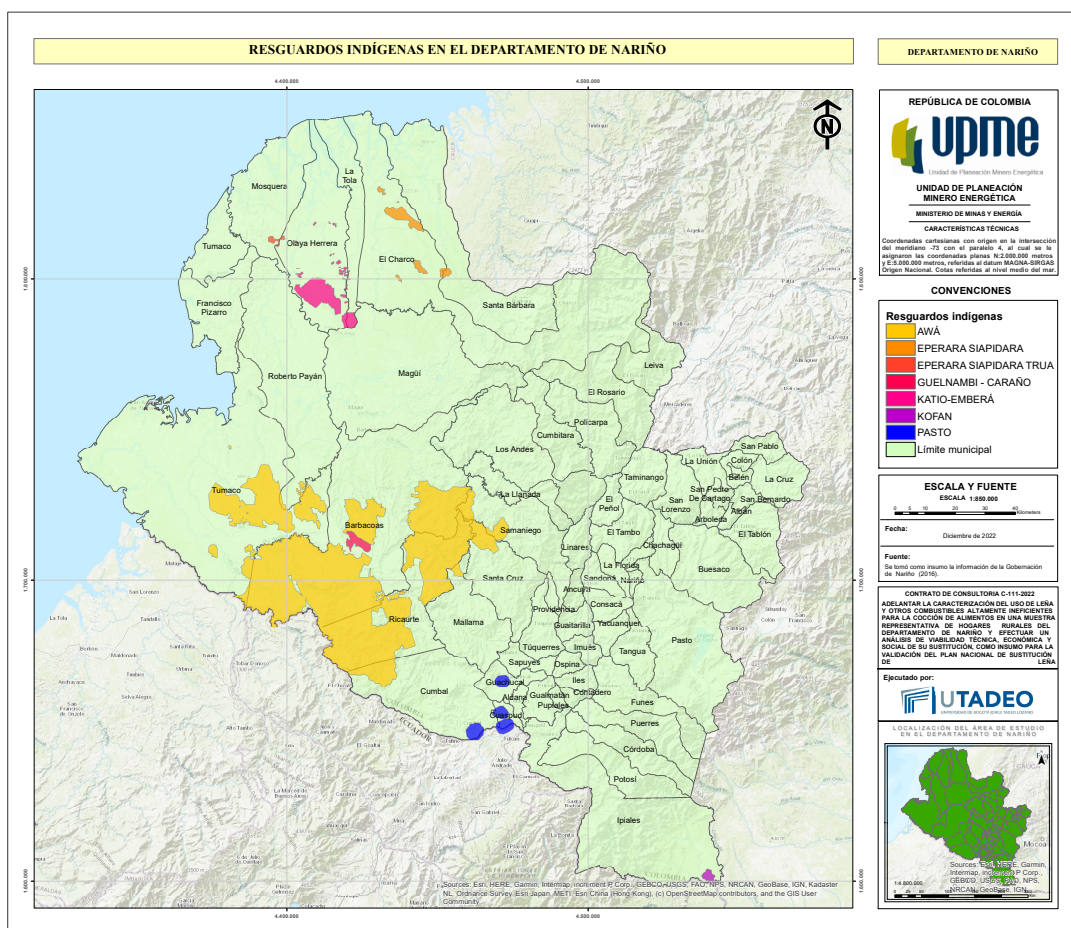


Figura 5. Ubicación geográfica de los pueblos indígenas del Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia con base en información Gobernación de Nariño (2016).

En la Tabla 1, se detalla la información de cada una de las subregiones.

Considerando la información presentada en la Tabla 1, se realiza un análisis básico sobre la presencia de población indígena y afrocolombianos, a considerar en la planeación de

Subregión	Municipios	Población Total	Área Total (Km2)	Urbano	Rural	Indígenas	Afrocolombianos
SANQUIANGA	El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera y Santa Bárbara	67.465	5.844	28.134	39.331	2.192	67.165
PACÍFICO SUR	Tumaco y Francisco Pizarro	142.292	4.734	78.182	64.11	12.059	118.706
EXPROVINCIA DE OBANDO	Ipiales, Aldana, Guachucal, Cumbal, Cuaspud, Pupiales, Puerres, Córdoba, Potosí, El Contadero, Iles, Gualmatán y Funes.	247.748	4.894	106.723	141.025	118.758	823
ABADES	Samaniego, Santacruz y Providencia.	38.185	1.362	10.594	27.591	11.528	67
LA SABANA	Túquerres, Imués, Guaitarilla, Ospina y Sapuyes	72.416	643	25.143	47.273	19.731	82
TELEMBÍ	Barbacoas, Roberto Payán y Magüi-Payán	62.532	6.206	19.927	42.605	9.882	45.65
PIE DE MONTE COSTERO	Ricaurte y Mallama	26.039	2.953	3.249	3.86	21.058	297
CENTRO	Pasto, Nariño, La Florida, Yacuanquer, Tangua y Chachagüi.	395.673	1.878	285.977	109.696	8.649	3.118
CORDILLERA	Taminango, Policarpa, Cumbitara, El Rosario y Leiva	43.355	1.959	11.817	31.538	39	991
GUAMBU-YACO	Los Andes Sotomayor, La Llanada, El Tambo, El Peñol	32.651	1.764	12.831	19.82	44	335
JUANAMBÚ	La Unión, San Pedro de Cartago, San Lorenzo, Arboleda y Buesaco	79.275	1.219	21.116	58.159	109	182
RIO MAYO	El Tablón de Gómez, Albán, San Bernardo, Belén, Colon-Génova, La Cruz y San Pablo	73.591	864	21.622	51.969	42	94
OCCIDENTE	Sandoná, Linares, Consacá y Ancuya	45.365	452	15.004	30.361	252	157

Fuente: [17].

Tabla 1. Información de la población presente en las subregiones de Nariño.

posibles proyectos de sustitución de leña. Se resalta que la Subregión Pacífico tiene un alto porcentaje de población afrocolombiana (83,4 %). Otra de las subregiones con un número significativo de población es la Exprovincia de Obando, con 247.748 habitantes de los cuales el 48 % pertenecen a población indígena.

En lo relacionado con la población afrodescendiente corresponde al 17,8 % de los habitantes de Nariño, se ubica principalmente en la Costa Pacífica del Departamento y en municipios de la Cordillera y zona Andina. El territorio, reconocido como colectivo, corresponde a 1.293.099 ha, a cargo de 52 consejos comunitarios legalmente reconocidos. En la actualidad, los consejos comunitarios hacen parte de los municipios Santa Bárbara, El Charco, La Tola, Olaya, Herrera, Mosquera, Roberto Payán, Barbacoas, Magüi Payán, Tumaco, Francisco Pizarro, Leiva, Cumbitara, Policarpa, Ipiales y El Rosario, donde se encuentran

los territorios ancestrales y colectivos (Gobernación de Nariño, 2020). En la Figura 6, se encuentra la distribución de los Consejos Comunitarios en el Departamento de Nariño.

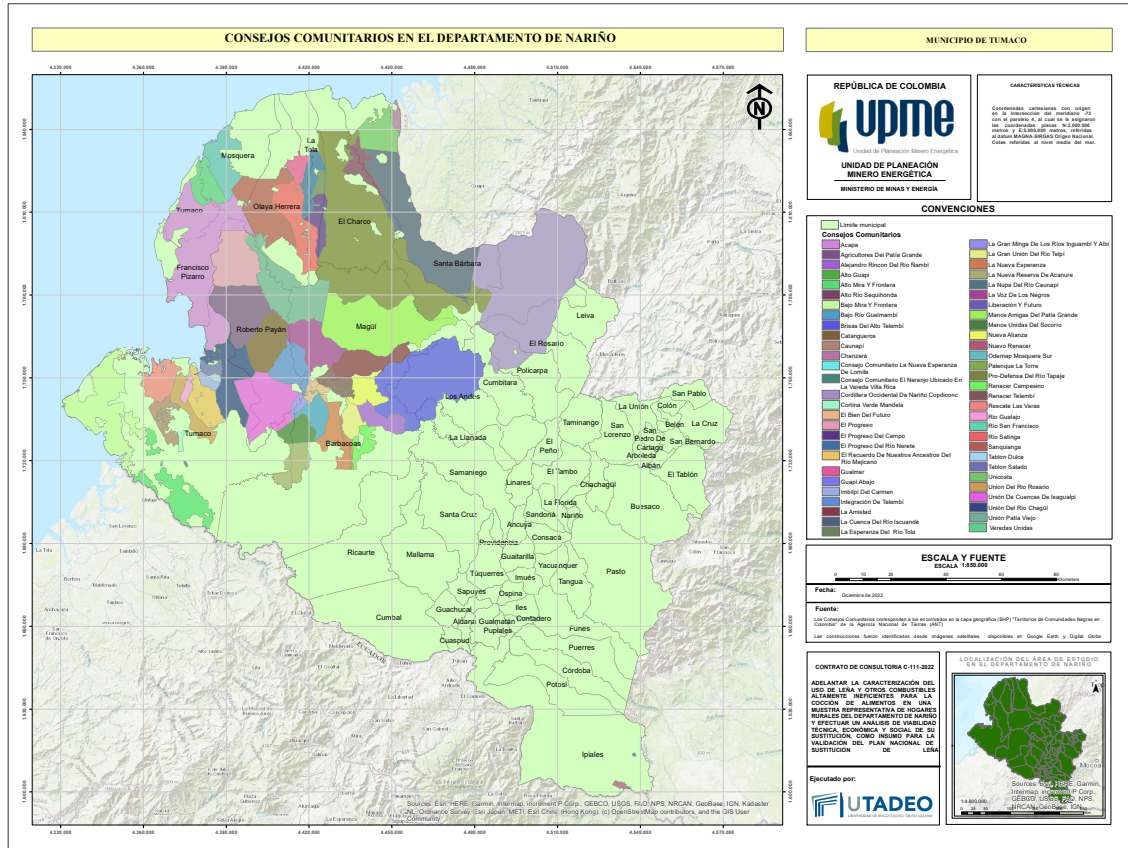


Figura 6. Distribución de los Consejos Comunitarios en el Departamento de Nariño, Fuente: Elaboración propia con base en [2].

En la Figura 9 se muestran las densidades poblacionales de la zona rural dispersa en los diferentes municipios del Departamento de Nariño [17].

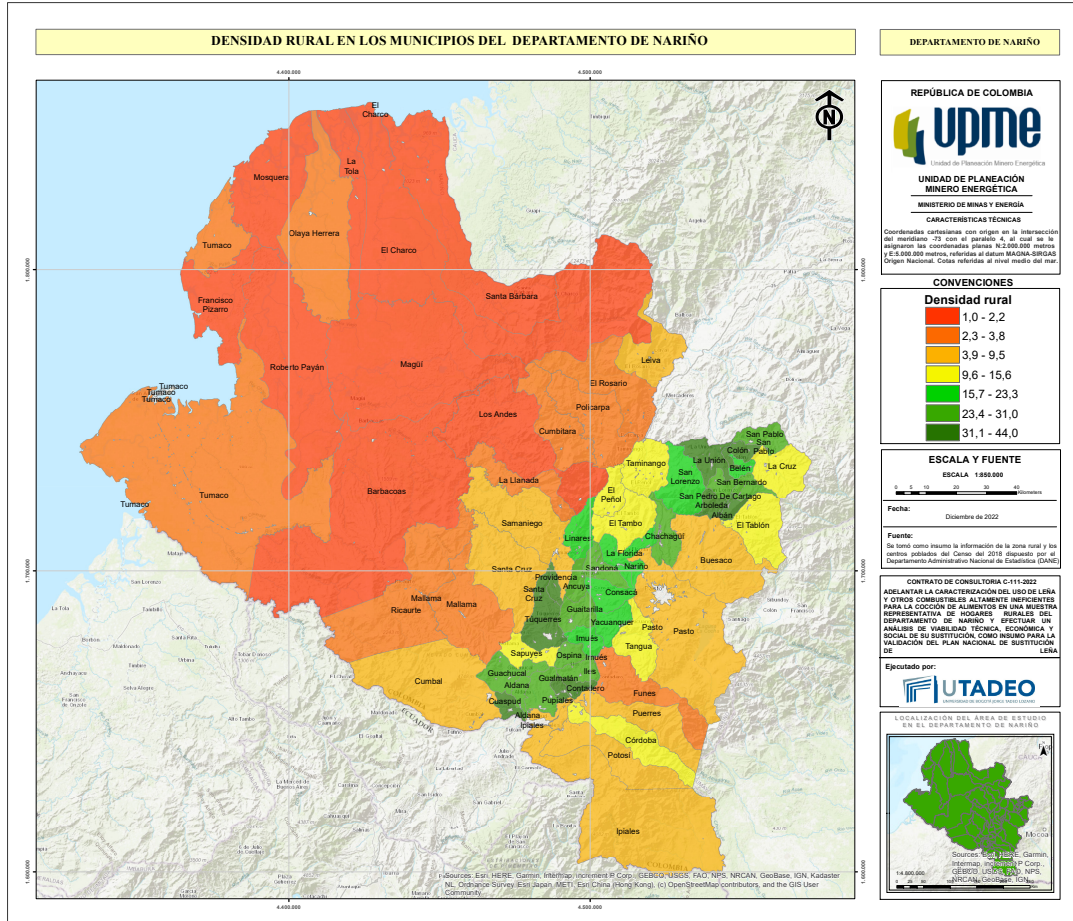


Figura 9. Densidad de viviendas rurales (Viviendas Zona Rural dispersa por unidad de vivienda). Fuente: Elaboración propia con datos Dane 2018 [17].

2.4 Indicadores territoriales

2.4.1 Nuevo Índice de desempeño fiscal (2021)

El índice es una medición del desempeño de la gestión financiera de las entidades territoriales que da cuenta de su sostenibilidad financiera, de acuerdo con lo establecido en la Ley 617 de 2000. Da cuenta de las dimensiones resultados fiscales, utilizando indicadores como dependencia de transferencias, endeudamiento a corto plazo, sostenibilidad de la deuda, relevancia de la formación bruta de capital fijo, ahorro corriente y resultado fiscal y gestión financiera con los indicadores capacidad de ejecución de la inversión, capacidad de programación y ejecución de los ingresos y el nivel de holgura. El modelo incluye bonos por esfuerzo propio y por actualización catastral. Este indicador se clasifica en escalas sostenible (igual o mayor a 80), Solvente (entre 70 y 79), vulnerable (entre 60 y 70), riesgo (entre 40 y 60) y deterioro (menor a 40). En la Figura 10, se representa este índice para cada uno de los municipios del Departamento. Se puede observar que la mayoría de los municipios se encuentran con índices en el rango de riesgo seguido de vulnerable, por lo que es necesario fortalecer la capacidad de respuesta institucional de las alcaldías [19].

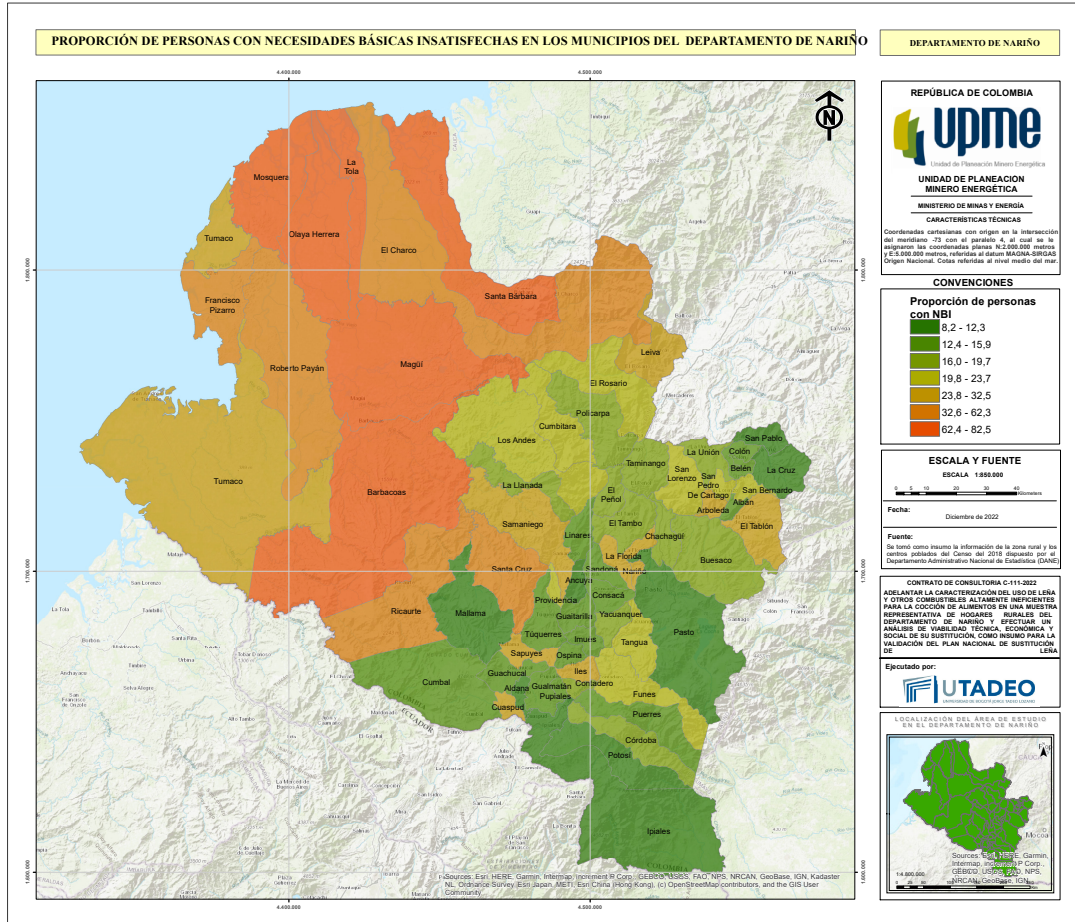


Figura 11. Proporción de personas con necesidades básicas insatisfechas – Centros poblados y rural disperso municipios de Nariño, elaboración propia con datos Dane 2018 [17].

2.4.3 Planes gubernamentales que contemplan aspectos de energía en las zonas rurales del Departamento de Nariño

En el documento del PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO TERRITORIAL DE NARIÑO PIGCCT -Nariño actúa por el clima 2019-2035 (Gobernación de Nariño, 2019), emitido por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible en diciembre de 2019, se ha plasmado la política pública para enfrentar de manera integral los impactos del cambio climático. Las acciones allí expuestas están armonizadas con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMUNCC) Ley 164 de 1994; Protocolo de Kioto (2005); COP-21 / Acuerdo de París 2015; Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible PNUD 2016 – Objetivos de Desarrollo Sostenible- ODS (7, 11, 13, 14 y 15). En el marco nacional, está articulado con el Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES 3700; Sistema Nacional del cambio climático – SISCLIMA; Política Nacional del cambio climático –PNCC (2017); Ley del cambio climático 1931 del 27 de Julio de 2018, directrices para la gestión del Cambio Climático, Ley 1819 de 2016 Política Nacional del cambio climático; Decreto 926 de 2017; Resolución No. 1447 del 1 de agosto de 2018 – Reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional de que trata el artículo 175 de la Ley 1753 de 2015 (Registro Nacional De Reducción De Las Emisiones De Gases De Efecto

Invernadero). En el marco regional, respecto a cambio climático se cuenta con la Ordenanza No. 042 del 11 de diciembre de 2019, a través de la cual se adopta el Plan integral de Gestión del cambio climático territorial de Nariño 2019-2035, como política pública para enfrentar de manera integral los efectos del cambio climático, carta de navegación armonizada con los principios del Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento de Nariño 2016-2036 y el Plan Territorial de Adaptación Climática del Departamento de Nariño PTAC 2016. En este plan se describen una serie de medidas climáticas, las cuales son el resultado de la priorización de acciones estratégicas para su implementación. En lo relacionado con Energía rural, se describe en la medida 7, Energización sostenible de zonas rurales, el cual busca evitar y reducir las emisiones de GEI generadas en la producción de energía eléctrica, mediante la implementación de proyectos de energización de infraestructura social y agropecuaria rural en las ZNI de Nariño. Municipios: Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüí, Mosquera, Olaya Herrera, Roberto Payán, Santa Bárbara, Olaya Herrera, Cumbal, Ipiales y Tumaco. Esta medida describe actividades hasta el 2035 y tiene como objetivos la implementación de los 11 proyectos de energías renovables no convencionales derivados del PERS – Nariño. A partir del año 2012, se desarrolló el Plan de Energización Rural Sostenible para el Departamento de Nariño (PERS-Nariño), una iniciativa ejecutada por la Universidad de Nariño en conjunto con 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 Energías Limpias para Colombia (CCEP) de USAID. Este plan logró elaborar un diagnóstico energético y socioeconómico rural del departamento, formular un portafolio de proyectos de energización con fuentes no convencionales, esquemas de financiación y modelos de organización empresarial comunitaria. De los 16 proyectos identificados en el portafolio elaborado en el PERS - Nariño, se cuenta con 11 proyectos sin implementar con un costo estimado de 36.859 millones de pesos. A continuación, se listan estos proyectos y los datos de capacidad instalada con la que se cuenta:

- Análisis de Generación de Energía Eléctrica a partir de Residuos Forestales en el Municipio de Olaya Herrera: capacidad instalada por determinar (estimado 3,6 MW).
- Sistemas Fotovoltaicos en Instituciones Educativas de la Subregión de Sanquianga: capacidad instalada 131 kW.
- Centro Agroindustrial, Pecuario y Turístico (CAPTU) CAMAWÁRI en el municipio de Ricaurte: capacidad instalada por determinar (estimado 2 MW).
- Aprovechamiento de los recursos biomásicos con uso de biodigestores para generación de energía y producción de abono orgánico en Cumbal, Guachucal y Pupiales: capacidad instalada por determinar.
- Implementación de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico domiciliario como Estrategia Alternativa y Sostenible de Energización en el Municipio de Santacruz: capacidad instalada por determinar (estimado 60 kW).
- Aportes a la Sostenibilidad del Sector Panelero Mediante Gestión Energética en la Subregión Occidente: capacidad instalada por determinar.
- Implementación de Sistemas de Bombeo de Agua para Riego Utilizando Energía Solar en el Municipio de Taminango: capacidad instalada por determinar.
- Estudio de Construcción y Puesta en Operación de una Pequeña Central Hidroeléctrica en el Municipio del Tambo: capacidad instalada por determinar.
- Generación Eléctrica con Energía Eólica en el Municipio de Guachucal: capacidad instalada por determinar.

- Suministro de agua potable a hogares en la vereda Candelilla de la Mar, Tumaco, Nariño, usando energía solar: Capacidad instalada estimada 9 kW.
- Generación de energía eléctrica con el biogás producido en el relleno sanitario del municipio de Pasto: capacidad instalada por determinar (estimado 1,5 MW).

3 Caracterización del uso de leña y otros CIAC en la cocción de alimentos en los hogares rurales del Departamento de Nariño

3.1 Levantamiento de información primaria

Los lineamientos de esta consultoría lo determinan los respectivos términos de referencia expedidos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), los cuales convocan a "Adelantar la caracterización del uso de leña y otros combustibles altamente ineficientes para la cocción de alimentos en una muestra representativa de hogares rurales del departamento de Nariño y efectuar un análisis de viabilidad técnica, económica y social de su sustitución, como insumo para la validación del Plan Nacional de Sustitución de Leña". Como resultado a todo esto, la entidad priorizó un municipio como representante de cada una de las subregiones del departamento, considerando las mayores densidades rurales y la existencia de vías o rutas para el acceso al territorio. Los municipios priorizados por la UPME fueron Barbacoas, El Peñol, Gualmatán, La Unión, Mallama, Mosquera, Providencia, San Pablo, Sandoná, Taminango, Tumaco, Túquerres y Yacuanquer. La consultoría adicionó a los municipios priorizados por la UPME, los municipios de Ancuya, Nariño y Ospina, con el fin de aumentar la representatividad de las 13 subregiones que constituyen el departamento de Nariño.

Se desarrolló un muestreo aleatorio simple, considerando los datos Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV del DANE 2018, a partir de los cuales se estimó la muestra representativa, con un margen de error (5 %) y nivel de confianza (95 %). El cálculo se fundamenta en la Ecuación (1):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

donde,

n : Tamaño de la muestra a calcular.

N : Tamaño de la población conocido o universo.

Z : Valor obtenido de la distribución normal para un nivel de confianza del 95 % (1,96).

e : Error de estimación máximo aceptado (5 %).

p : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado o éxito de encontrar un hogar con uso de combustibles ineficientes.

q : Probabilidad de que no ocurra el evento ($p - 1$).

En este sentido, se procede a realizar el cálculo determinando una probabilidad de ocurrencia (p) del 97 %. Es decir, se considera alta la probabilidad de encontrar el uso de combustibles ineficientes o CIAC en el proceso de cocción de las viviendas de la muestra. Los datos de las muestras y encuestas realizadas, se presentan en la Tabla 2.

Para el levantamiento de la información en los hogares se desarrolló una estrategia para la llegada a campo que abordó varios niveles. Inicialmente el equipo consultor en representación del profesional social, realizó contacto con los entes territoriales, especialmente las dependencias relacionadas con agricultura, ambiente, planeación y desarrollo rural. Posteriormente se realizaron reuniones de socialización del estudio de forma presencial y virtual en todos los municipios a trabajar realizados por la líder del equipo UTadeo, el profesional social y otros profesionales del equipo consultor. Luego del contacto directo, se solicitó el apoyo de las alcaldías en generar el vínculo con los presidentes de las juntas de acción comunal y consejos comunitarios, de tal forma que fuera el canal más apropiado para llegada a campo de los 10 encuestadores. En conjunto encuestadores y líderes rurales, planearon la llegada a los hogares en las diferentes veredas seleccionadas de forma aleatoria.

No	Subregión	Municipio	Muestras estimadas	Encuestas efectivas
1*	Occidente	Ancuya	44	50
2	Telembí	Barbacoas	44	53
3	Guambuyaco	El Peñol	44	49
4	Obando	Gualmatán	43	53
5	Juanambú	La Unión	44	50
6	Piedemonte	Mallama	44	46
7	Sanquianga	Mosquera	44	52
8*	Centro	Nariño	41	46
9*	La Sabana	Ospina	44	50
10	Los Abades	Providencia	44	47
11	Río Mayo	San Pablo	44	47
12	Occidente	Sandoná	44	41
13	La Cordillera	Taminango	44	49
14	Pacífico Sur	Tumaco	45	52
15	La Sabana	Túquerres	44	48
16	Centro	Yacuanquer	44	49
Total			701	782

* Municipios adicionales que se proponen en el diseño de muestra.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Muestra representativa y encuestas efectivas de los municipios.

Adicional al levantamiento de información en hogares, se realizaron reuniones para el levantamiento de información con prestadores de los servicios de electricidad y GLP, organizaciones que apoyan la implementación de biodigestores a nivel nacional con presencia en el Departamento, así como con algunos de los entes territoriales. En estas salidas de campo se reconocieron las dinámicas de la cocción en algunas veredas y consejos comunitarios, así como algunos proyectos gestionados por la Gobernación, las Alcaldías y los prestadores de servicios de energía, con los cuales se hizo el reconocimiento de las redes de distribución de GLP. En estas actividades en el territorio participaron profesionales de los equipos U Tadeo y en algunas ocasiones profesionales de la UPME. En la Figura 12, se presenta el esquema utilizado para la llegada a territorio.



Figura 12. Representación del proceso de llegada al territorio. Fuente. Elaboración propia.

Los encuestadores fueron capacitados en el instrumento para la recolección de la información (Anexo 2), así como en el uso de la herramienta Kobo ToolBox, la cual permitió la captura de la información online u offline, y georreferenciar las encuestas (Ver Figura 13). En algunos municipios como Mosquera, Barbacoas y Tumaco, no se permitió georreferenciar

en su totalidad las encuestas, debido al conflicto social presente en el territorio.



Figura 13. Evidencia de capacitación de los encuestadores realizada en el municipio de Túquerres. Fuente: Elaboración propia.

El departamento de Nariño presenta una heterogeneidad en su composición geográfica, política y cultural, lo cual plantea retos en la planeación de desarrollo territorial que permita el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Para la caracterización departamental se realizó una ponderación por subregión, considerando el número de viviendas rurales ocupadas, datos que se presentan en la Tabla 3.

Subregión	Viviendas rurales ocupadas	Viviendas rurales ocupadas
Abades	9275	5,9 %
Centro	15528	9,8 %
Cordillera	6922	4,4 %
Exprovincia de Obando	35928	22,8 %
Guambuyaco	6432	4,1 %
Juanambu	15111	9,6 %
La Sabana	12319	7,8 %
Occidente	7288	4,6 %
Pacífico Sur	11668	7,4 %
Pie de Monte Costero	5320	3,4 %
Río Mayo	13940	8,8 %
Sanquianga	8594	5,4 %
Telemi	9551	6,0 %

Fuente: Datos calculados por el grupo consultor con base en información del DANE (2018) [17].

Tabla 3. Información viviendas rurales ocupadas en las diferentes subregiones del Departamento.

Por otro lado, se realizó el levantamiento de información geográfica de forma indirecta, identificando las construcciones en las áreas rurales de cada uno de los municipios a través de imágenes satelitales utilizando las herramientas: Google Earth y Digital Globe. Este proceso no se pudo realizar para el municipio de Mosquera, debido a la alta nubosidad en las imágenes satelitales. Posterior a la obtención de las construcciones identificadas desde Google Earth se generó un archivo .kml, en cual fue convertido a un archivo .shp para poder ser trabajado desde ArcMap, y se transformaron las coordenadas iniciales de WGS1984 a Magna Sirgas Origen Nacional. A partir de las construcciones identificadas se generó para cada municipio un mapa de calor con distancias usando el método geoestadístico Kernel, que permite identificar las zonas donde se presentan mayor cantidad de construcciones (En color rojo) hasta las zonas con menor cantidad de construcciones (Color verde), para cada municipio se genera una salida gráfica.

En la Figura 14, se representa el mapa con la totalidad de construcciones identificadas en los municipios abordados, en el cual se hace la ubicación geográfica de cada una de las encuestas realizadas en el departamento.

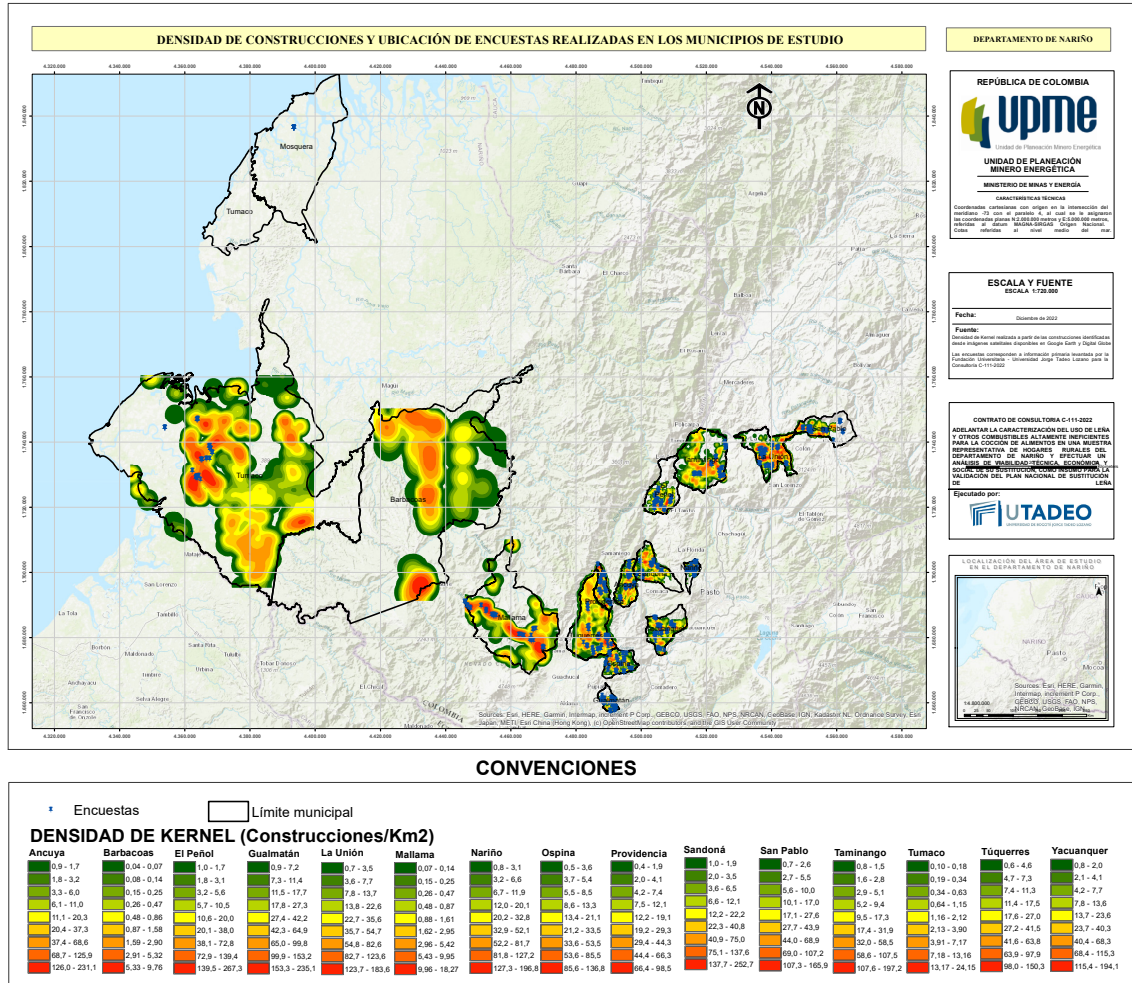


Figura 14. Distribución de las viviendas encuestadas. Fuente. Elaboración propia.

3.2 Caracterización socioeconómica hogares rurales de Nariño

Considerando la información recolectada y las ponderaciones correspondientes, se presenta la caracterización departamental considerando particularidades socioeconómicas, dentro de las cuales se encuentra condiciones de las viviendas, derechos de propiedad de predios, actividades económicas, acceso a programas del Estado y demás elementos descriptivos provenientes de los entrevistados. En el departamento de Nariño, se encontró que el 87% de las viviendas rurales son propias, demostrando derechos de propiedad y legalidad de ocupación, de este porcentaje el 95% declaran tener el predio totalmente pagado.

En cuanto al número de hogares por vivienda, el 82% de las viviendas integran un solo hogar, un 15% por dos hogares, pero se registran viviendas que albergan hasta cinco hogares, datos que se presentan en la Figura 15 a). El número de integrantes por vivienda es diverso, como se presenta en la Figura 15 b); el mayor porcentaje lo conforman tres integrantes (24,8%) seguido de cuatro integrantes (20,2%). El mayor uso de estas viviendas es de índole residencial (79,6%), mientras el 18,6% además hacen uso agrícola de su predio.

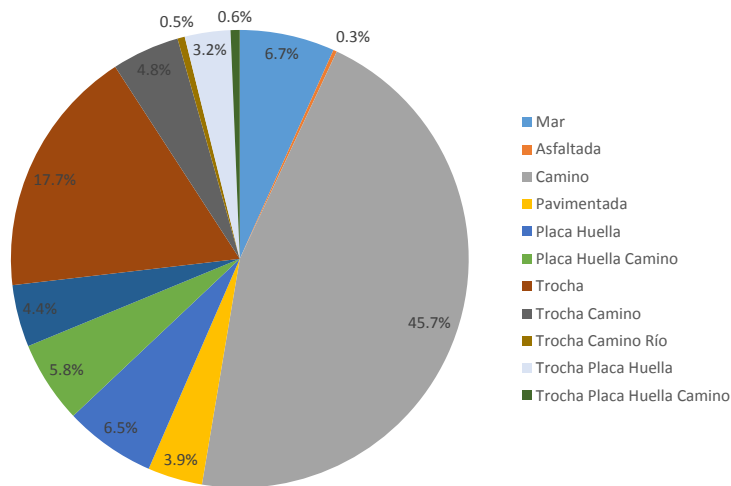


Figura 17. Vías de acceso a la vivienda. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 18 muestra que el principal material de construcción de las viviendas es de ladrillo (53,6%), seguido de la madera (18,2%), material predominante en las viviendas de la costa pacífica. La condición de las paredes de dichas viviendas es buen estado en un 47,8% de las mismas. En cuanto al material de los pisos predomina el cemento en un 50,2%, mientras un 9,9% cuenta con piso recubierto con baldosa. Se considera que el piso se encuentra en condiciones regulares (46,5%).

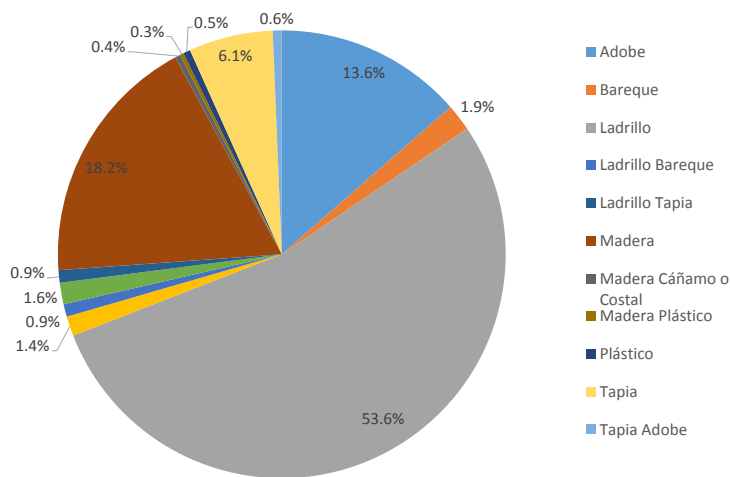


Figura 18. Material de construcción de las viviendas. Fuente: Elaboración propia.

Se registra el impacto en cobertura de los diferentes programas del Estado, los cuales han logrado impactar el 83% de los hogares, concentrándose principalmente en población mayor (ej. Adulto mayor, 22,5%) y las familias (Familias en acción, 12%) (Figura 19).

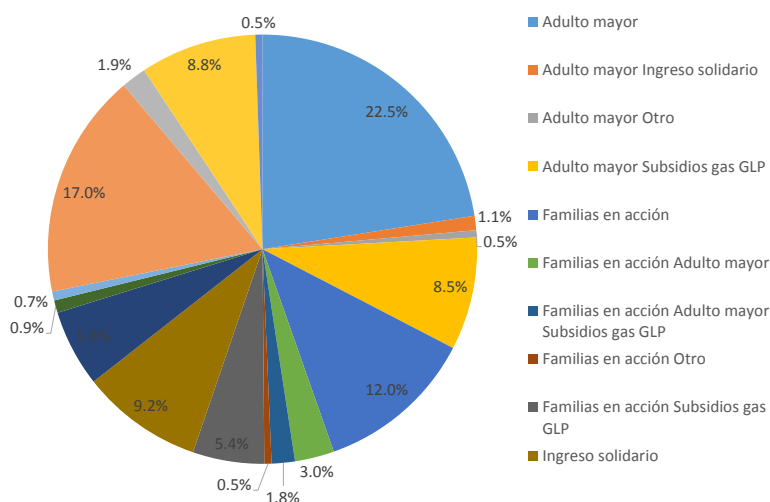


Figura 19. Acceso a programas del Estado. Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN) cubre 97,2% de las personas. Las fuentes de ingreso más relevantes provienen de sus actividades como empleados (26,7%) seguido de las actividades agrícolas (23,4%), jornales (23,4%) y actividades pecuarias (13,4%), como se muestra en la Figura 20. Los cultivos predominantes encontrados fueron café, plátano, caña, maíz y papa. En todo caso, el 72,2% de las viviendas tienen alguna actividad pecuaria. De las viviendas que viven de actividades agropecuarias, tan solo el 4,1% pertenece a alguna asociación, cooperativa, fondo o cualquier entidad formal de fomento agro.

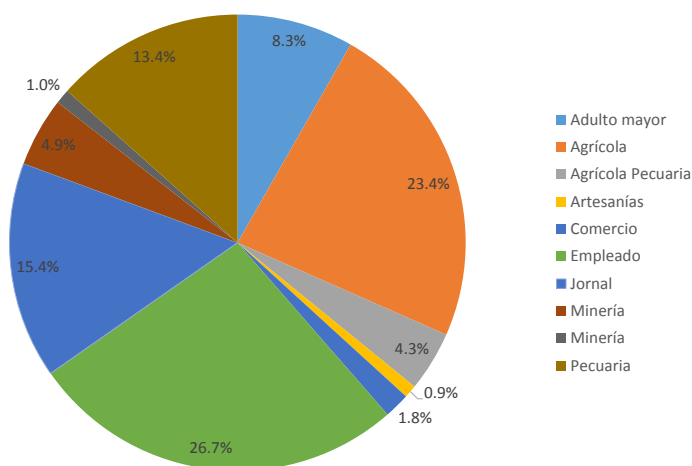


Figura 20. Fuentes de ingresos económicos. Fuente: Elaboración propia.

Relacionado con el nivel de estudios de la población rural, se encontró que un 8,7% no cuenta con estudios, mientras que el 43,9% cuentan con básica primaria y con básica secundaria el 37,4%, los datos se presentan en la Figura 21.

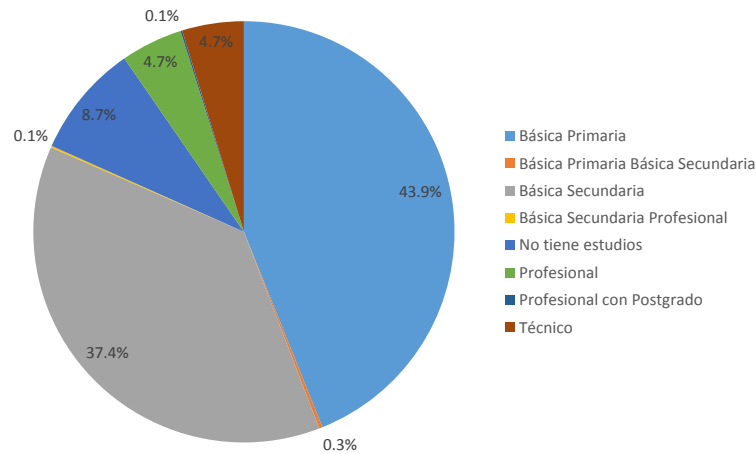
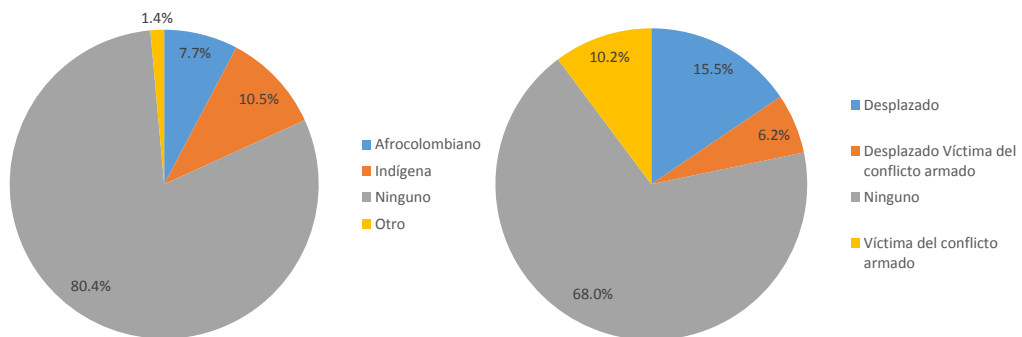


Figura 21. Nivel máximo de educación alcanzado. Fuente: Elaboración propia.

El 96,3% de la población se identifica con la cultura campesina y el 80,4% no se considera de una etnia o grupo poblacional. Se logró un identificar un 7,7% de población afrocolombiana y un 10,5% indígenas, rasgo característico del departamento, como se puede observar en la Figura 22 a). Otro de los elementos importantes es el impacto del conflicto armado vivido por las poblaciones rurales en el Departamento; en la Figura 22 b), se puede observar que el 68% de la población declara no haber sido afectada por las consecuencias del conflicto, el 32% restante declara haber sufrido de alguna combinación de violencia o desplazamiento forzado por algún grupo armado.



a)

b)

Figura 22. a) Población identificada con algún grupo étnico. b) Declaración como víctima de la violencia. Fuente: Elaboración propia.

3.3 Condiciones generales de la cocción de alimentos en el Departamento de Nariño

El tema relevante en esta consultoría se focaliza en el espacio donde se desarrolla la combustión de energéticos necesarios para la cocción de alimentos. Es acá, en la cocina, donde se viabiliza cualquier plan de sustitución de CIAC, especialmente, la leña. El 88,2 % de la población tiene un lugar exclusivo para la cocción de alimentos, denominado como cocina. Se destaca que el 8,7 % de las cocinas se encuentran al aire libre, condición propia de los municipios de la costa pacífica nariñense (Figura 23). En el levantamiento de la información los encuestados manifiestan que la condición de la cocina en un 53,6 % se encuentra en regular estado, mientras que el 11,1 % en mal estado. El 76,3 % de las cocinas cuenta con algún tipo de adecuación o mejoramiento con mesón que permite ensamblar una alternativa de sustitución de leña y el 85,1 % cuenta con algún mecanismo de ventilación. La presencia de hollín en las cocinas, presente en la estructura y paredes de la cocina, es una evidencia de la presencia de material particulado y exposición a la contaminación de las personas que están en estos hogares. En la encuesta se revisó este indicador en tres niveles que van desde la no presencia o ausencia del hollín como resultado de procesos menos contaminantes, hasta condiciones de alta exposición, donde la estructura de los techos y paredes se encuentra totalmente cubierta por hollín, transformando la textura y condición de las mismas. En general, el 44,1 % de los hogares rurales tienen presencia de hollín en condiciones moderadas, mientras el 33 % tiene presencia en exceso y un 22,6 % no tiene presencia de hollín.

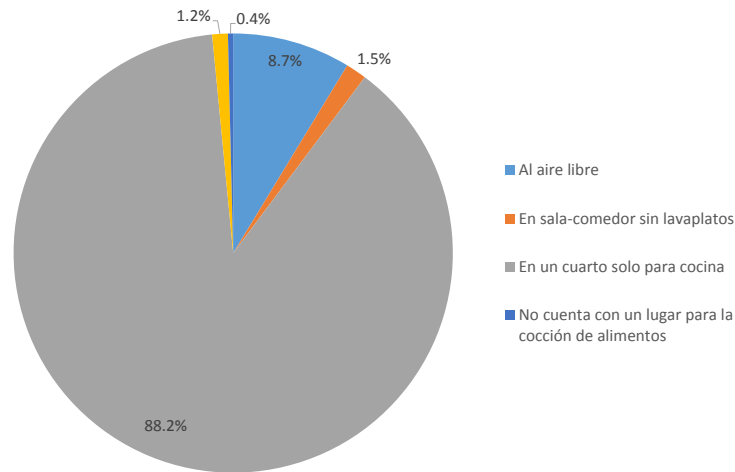


Figura 23. Lugar de la vivienda para la cocción de alimentos. Fuente: Elaboración propia.

El 50,4 % de las viviendas cocinan entre 3 y 5 veces al día (Figura 24) y el 70 % de estas viviendas usan en promedio entre una a dos horas la cocina al día para preparar alimentos cada vez que utilizan la estufa. Relacionado con el tipo de estufa con el que disponen en la cocina, un 71,2 % manifestaron contar con estufa de gas y fogón de leña.

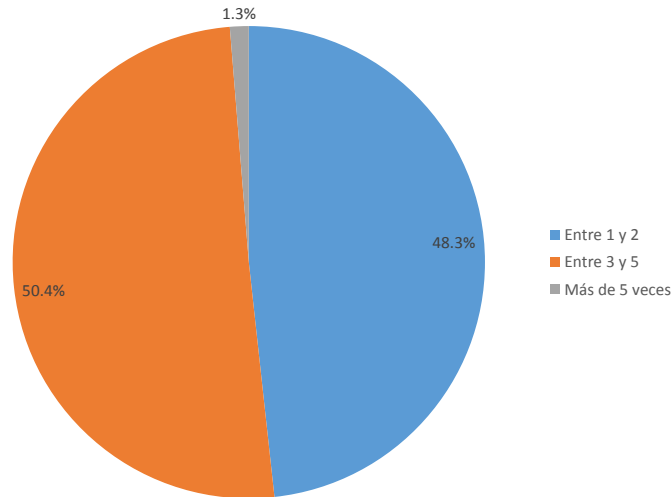


Figura 24. Número de veces que cocina al día Fuente: Elaboración propia.

La condición de la estufa está muy relacionada con la condición de la cocina, se encontraron estufas en estado regular en un 51,1% y en mal estado un 13% (Figura 25).

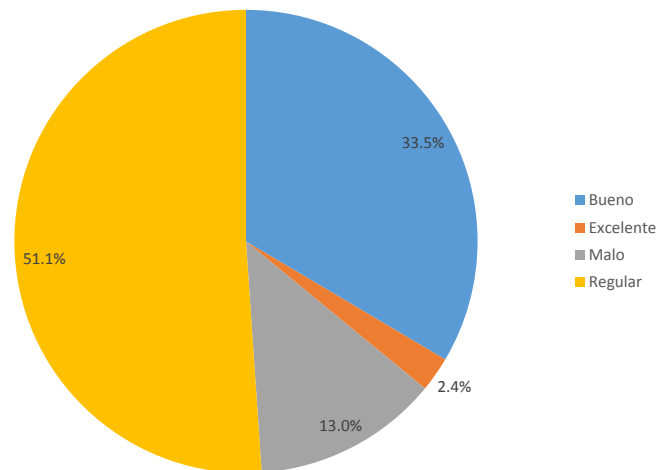


Figura 25. Estado de la estufa. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la cocción con leña la estufa más común es el fogón de hornilla (38,5%), seguido del fogón alto (17,8%). Aun en un 10,6% se utiliza el fogón de tres piedras. Se destaca que un 4,4% tiene instalada estufa ecoeficiente, datos que se presentan en la Figura 26.

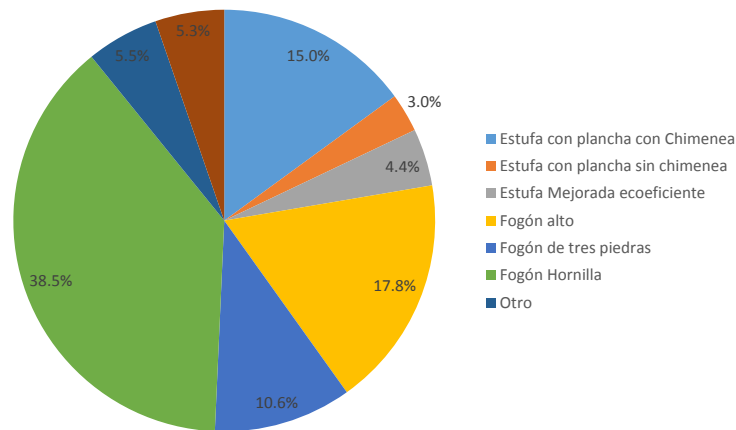


Figura 26. Tipo de estufa o fogón de leña. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27, se evidencia que el 35,1% de los pobladores recolectan la leña de sus propios predios, un 29% en los predios vecinos, mientras que un 21,4% la recolecta en su predio y en predios vecinos. Sólo un 8,2% compran la leña, predominantemente más de tres "atados" al mes.

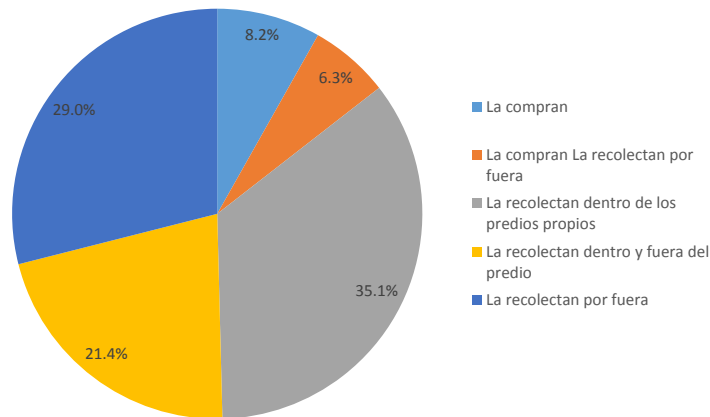


Figura 27. Fuente u origen de la leña. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28 se encuentran representados los datos relacionados con los gastos del hogar destinados para la compra la leña seca, los cuales superan los 50 mil pesos al mes, declarado por el 57,1%.

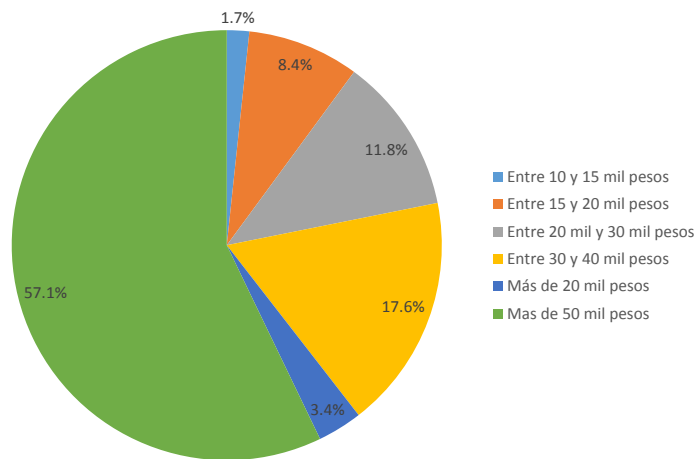


Figura 28. Costos de las unidades compradas de leña. Fuente: Elaboración propia.

El 81,9% recolecta leña de forma mensual, manejándola en espacios de acopio, secado y quema. El 71,1% dispone la leña en el patio o solar o al aire libre. El tipo de leña que se recolecta es una mezcla de chamiza y leña gruesa (66,3%) como se muestra en la Figura 29; durante las salidas de campo se evidenció el uso de la chamiza para iniciar el fuego mientras que la leña se utiliza durante el tiempo de cocción.

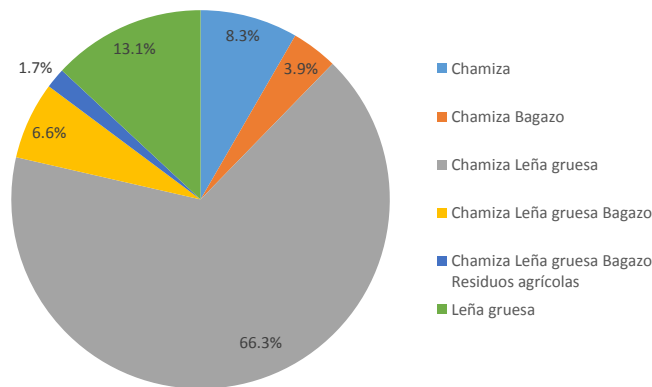


Figura 29. Tipo de leña consumida para cocinar. Fuente: Elaboración propia.

La principal condición que favorece el uso de la leña es la económica (40,3%). Sin embargo, un porcentaje le suma otras razones como su fácil disponibilidad y por tradición (53%), como se puede observar en la Figura 30.

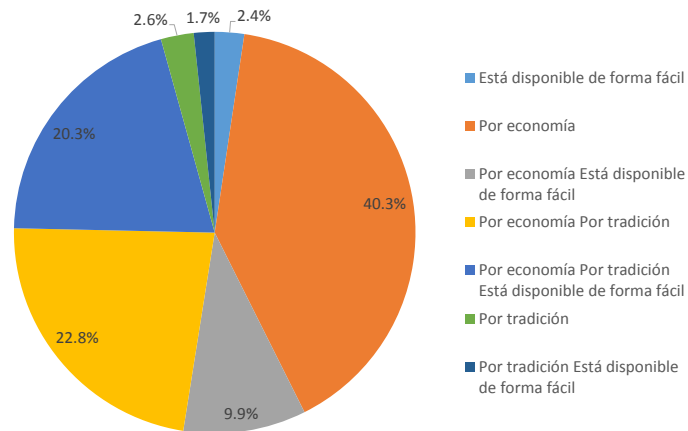


Figura 30. Principal raz\n de consumir le\ña. Fuente: Elaboraci\n propia.

En la Figura 31, se presentan los datos sobre la disposici\n de la poblaci\n rural a cambiar la le\ña; la poblaci\n manifiesta en un 74,9% su disposici\n a sustituir la le\ña por otra fuente de energ\a; de este porcentaje el 83% est\ interesado en cambiarla por GLP y el 17% por biog\as. Sin embargo, un porcentaje del 25,1% no tiene disposici\n al cambio, especialmente por el incremento en los costos y porque es de su inter\es conservar la tradici\n (Figura 32).

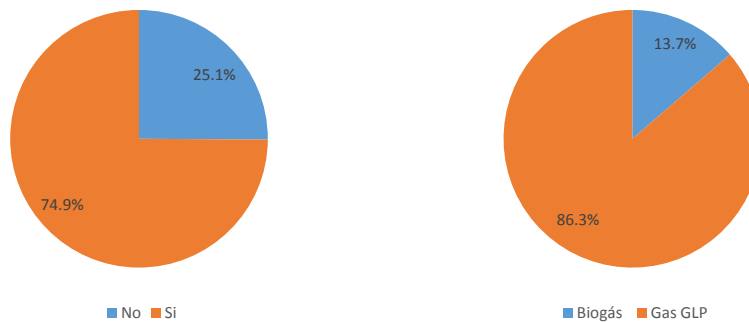


Figura 31. Disponibilidad a cambiar la le\ña. Fuente: Elaboraci\n propia.

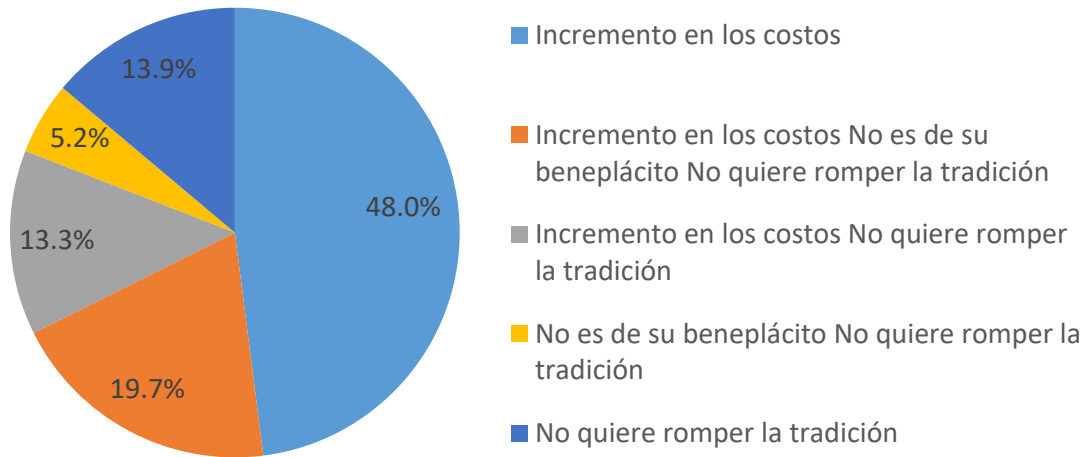


Figura 32. Razón de no cambiar la leña. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Afectaciones o externalidades identificadas en Nariño

Desde el Plan Nacional de Sustitución de Leña (PNSL) se consideran las externalidades derivadas del consumo de leña y otros CIAC en la cocción de alimentos; estas afectaciones se derivan en el deterioro del medio ambiente y la salud. Las externalidades que se caracterizan en el departamento de Nariño van hacia el deterioro a la salud de las personas más vulnerables, la contaminación intramuros, la emisión de gases de efecto invernadero y contribución al calentamiento global, el deterioro progresivo de los entornos naturales en zonas rurales. A esto se le suma el rezago en el progreso familiar, pues los miembros del hogar dedican más tiempo a la recolección de los CIAC para la cocción de los alimentos. Al encuestar a las zonas rurales del departamento de Nariño, se pudo calcular la cantidad de leña en kilogramos (kg) consumidas al día. El 72,4 % de las viviendas consumen más de nueve kg diarios de leña, la distribución se presenta en la Figura 33.

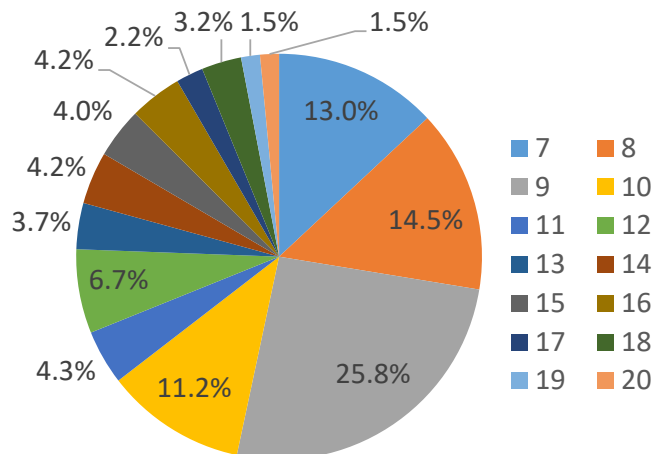


Figura 33. Consumo diario (kg) de leña en las viviendas Fuente: Elaboración propia.

El consumo está relacionado con los procesos de deforestación y pérdida de especies vegetales; los árboles reportados como fuente de leña principalmente el guabo y el guayabo, además de pino, acacio, eucalipto y podas de café en las zonas cafeteras. Por otro lado,

el 16,4 % de la población rural no conoce los efectos del uso de la leña sobre la salud y el ambiente, mientras que el 48,1% conoce los efectos sobre la salud y un 33,7 % conoce los efectos sobre la salud y el ambiente, datos que se muestran en la Figura 34.

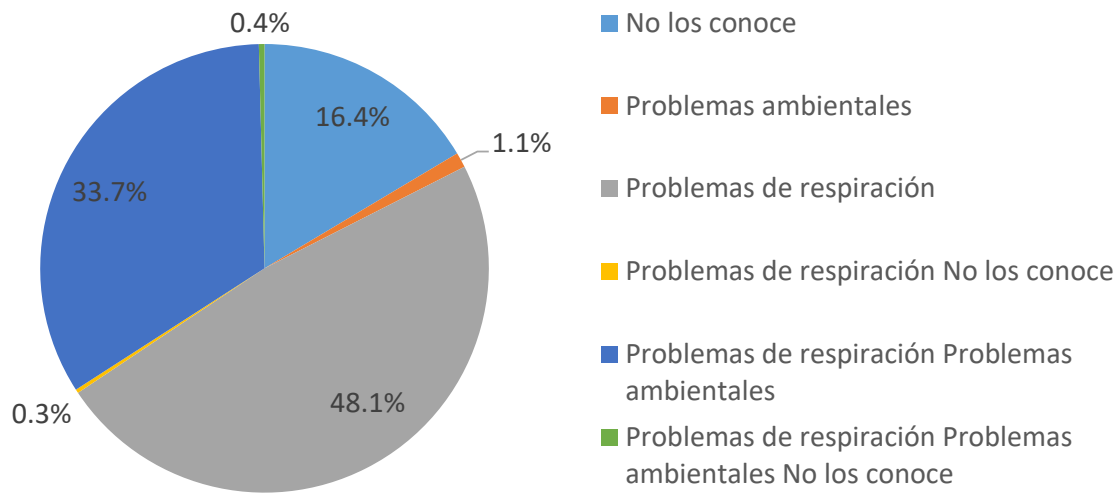


Figura 34. Conocimiento sobre los efectos al medio ambiente y salud. Fuente: Elaboración propia.

En términos de salud, el 17 % de los entrevistados han tenido a un familiar cercano afectado por los temas respiratorios relacionados con la exposición a la leña en los procesos de cocción (Figura 35).

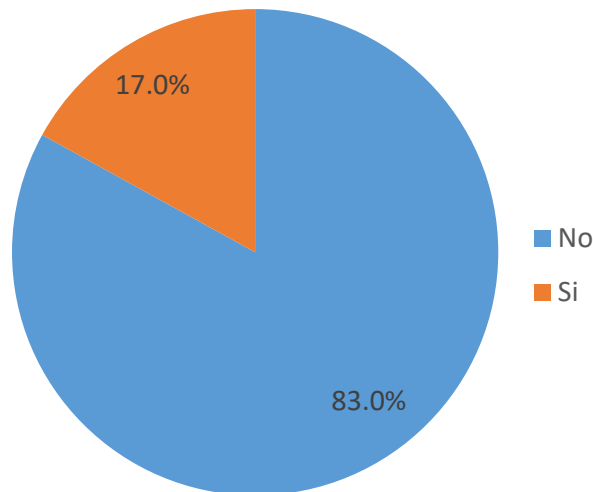


Figura 35. Identifica a un familiar fallecido por exposición a la leña. Fuente: Elaboración propia.

La pregunta al anterior resultado es: ¿Tiene conocimiento si alguien de su familia ha fallecido por alguna enfermedad ocasionada por el uso de Leña? A esta pregunta se le suma la siguiente: ¿En su familia en los últimos 5 años en su familia han sufrido uno o varios familiares problemas respiratorios? El 38,4 % lo afirma positivamente. Con esto, es posible identificar el grado de exposición que tienen los pobladores de las zonas rurales del departamento. Es variada la población que está directamente expuesta a los humos dañinos provenientes de la combustión de la leña, y las mujeres madres son las más expuestas (72,6 %, ver Figura 36).

Otra de las externalidades es el deterioro de la calidad de vida de los pobladores por el

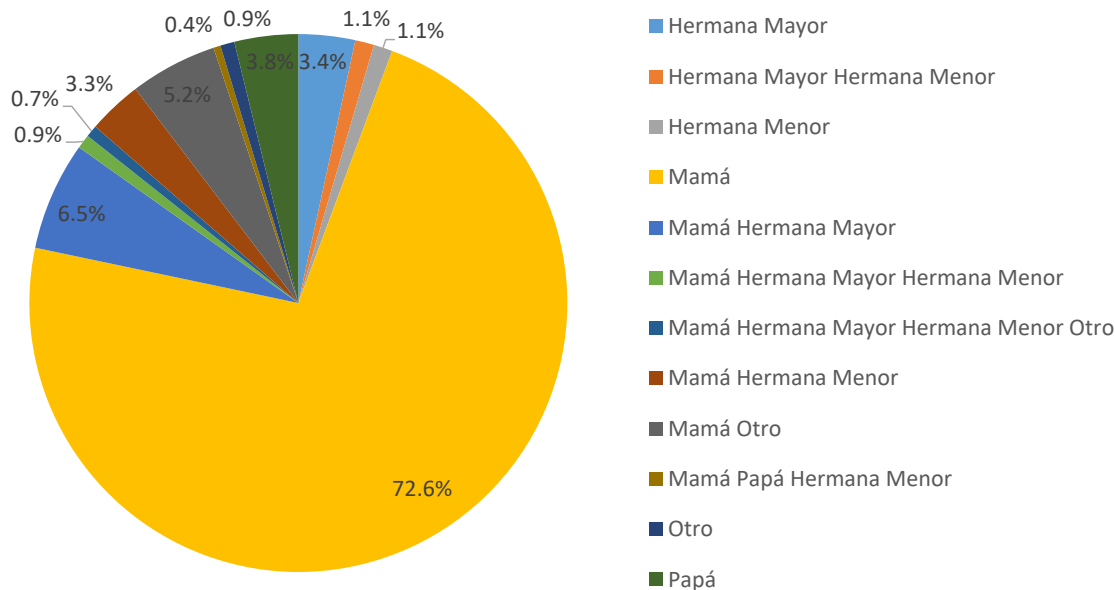


Figura 36. Persona que cocina y está más expuesta a los humos de la leña. Fuente: Elaboración propia.

esfuerzo y tiempo utilizados en la recolección de la leña, que no se traduce en cuidado del hogar, formación y emprendimiento. El 38,9 % gasta más de dos horas recolectando leña recorriendo distancias superiores a 500 m, con un 32,8 % con distancias entre 1 y 2 km (Figura 37).



Figura 37. Distancia recorrida y tiempo utilizado para recolectar leña. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior se preguntó: ¿Estaría dispuesto a pagar un valor adicional por la instalación de un sistema de cocción que mejores sus condiciones de calidad de vida? El 82,4 % manifestó positivamente. Posteriormente, se registró que el monto no superaría los 100 mil pesos (91,7 % de los entrevistados lo manifiestan), datos que se presentan en la Figura 38.

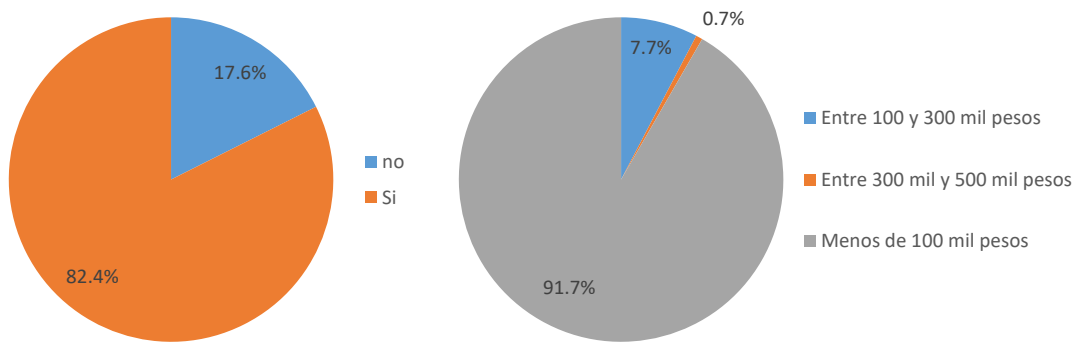


Figura 38. Disponibilidad para pagar y montos por un cambio que mejore la calidad de vida. Fuente: Elaboración propia.

3.5 Consumo de leña y demanda de energía para la cocción de alimentos en los hogares rurales en del Departamento de Nariño

Para la cuantificación del uso de leña en el Departamento se partió de la información levantada en los hogares, y se extrapolaró a cada uno de los municipios de las subregiones. Se clasificaron los hogares en los siguientes grupos:

- Primer Grupo: Hogares que consumen exclusivamente un energético para cocinar con la mayoría de las respuestas en Leña o en GLP (uso 100 % de cada energético)
- Segundo Grupo: Hogares que tienen como combustible principal para la cocción la Leña con una mezcla en menor proporción el uso de GLP (Leña – GLP), Uso del 70 % del energético principal y 30 % del energético secundario)
- Tercer Grupo: Hogares que tienen como combustible principal para la cocción el GLP con una mezcla en menor proporción el uso de leña (GLP- Leña), Uso del 70 % del energético principal y 30 % del energético secundario)

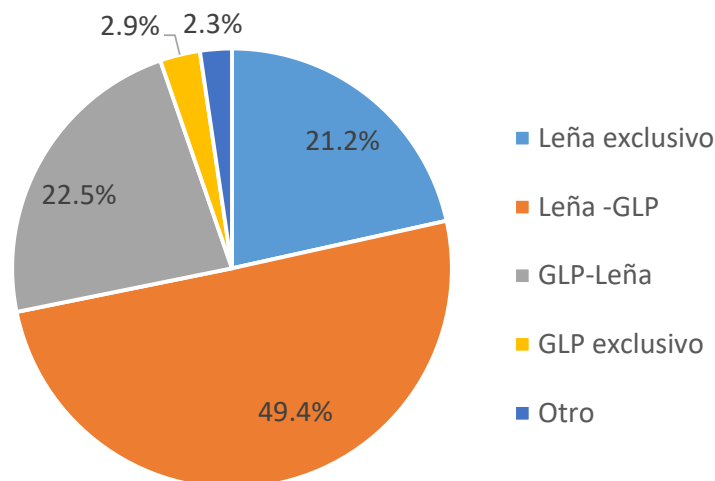


Figura 39. Combustibles utilizados en la cocción de alimentos en las zonas rurales del Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 39, se encuentra que el 49,5% de los hogares consumen leña como combustible principal y GLP como secundario, mientras que un 24,1% de los hogares

consumen leña de forma exclusiva y 2,9 % GLP de forma exclusiva. Además de la leña y el GLP se encuentra en otros como principal energético la electricidad (principal energético en otros). En total el 73,6 % de los hogares utilizan la leña en combinación con el GLP.

En la Tabla 4, se detalla información propia de cada municipio, la cual se calculó considerando el consumo de leña de cada hogar por día por el número de viviendas rurales ocupadas, de acuerdo con el reporte del DANE en 2018 [17]. Se tuvo en cuenta el poder calorífico inferior de la leña reportado por FECOC en 2016 para calcular los equivalentes de energía.

Municipio	Promedio Uso de leña diario Kilogramos Hogar	Viviendas rurales ocupadas	% viviendas que consumen Leña exclusivo	% viviendas consumen Leña como combustible principal	% viviendas consumen Leña como combustible secundario	Consumo de leña mensual por municipio (Ton)	Equivalentes de energía TJ/mes
Túquerres	13,27	6527	10,4 %	60,4 %	29,2 %	1.597	31,9
Tumaco	10,86	10974	13,5 %	5,8 %	63,5 %	1.306	26,1
La Unión	10,86	4393	14,0 %	70,0 %	12,0 %	953	19,1
Barbacoas	8,58	5709	18,9 %	17,0 %	54,7 %	693	13,9
Taminango	10,57	2158	16,3 %	71,4 %	12,2 %	479	9,6
San Pablo	9,53	2324	17,0 %	57,4 %	10,6 %	401	8,0
Sandoná	10,63	2325	7,3 %	53,7 %	22,0 %	382	7,6
Yacuanquer	11,49	1817	4,1 %	55,1 %	36,7 %	336	6,7
Mallama	11,36	1338	19,6 %	65,2 %	15,2 %	318	6,4
Providencia	11,3	1221	4,3 %	80,9 %	14,9 %	270	5,4
Ospina	10,71	1292	6,0 %	68,0 %	22,0 %	250	5,0
Gualmatán	11,83	863	43,4 %	49,1 %	5,7 %	243	4,9
El Peñol	12,22	1530	2,0 %	24,5 %	69,4 %	224	4,5
Ancuya	9,7	1546	2,0 %	46,0 %	42,0 %	211	4,2
Mosquera	8,82	715	61,5 %	32,7 %	1,9 %	161	3,2
Nariño	11,26	380	6,5 %	47,8 %	10,9 %	56	1,1

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 4. Información por municipio.

De los datos reportados en la Tabla 4, correspondiente a los municipios priorizados se obtuvo el mayor consumo de leña en los Municipios de Túquerres y Tumaco, correspondientes al 4,43 % y 4,00 % del total consumido en el departamento lo cual corresponde a 391.281 toneladas de leña al año. En la Figura 40, se presenta el mapa con información del consumo de leña anual por municipio en el Departamento de Nariño, encontrando valores importantes en Ipiales y Cumbal.

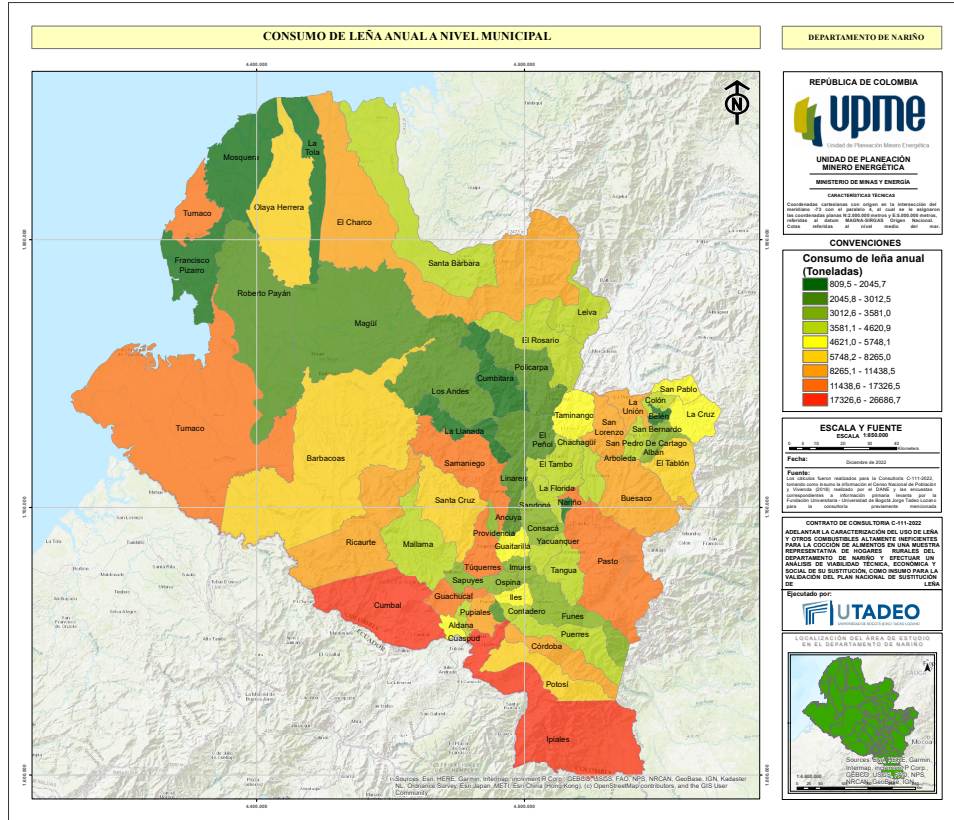


Figura 40. Consumo de leña por municipio en toneladas por año. Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de la demanda de energía para la cocción de alimentos, se tuvo en cuenta el consumo de leña y de GLP en las zonas rurales, considerando la información levantada en los 16 municipios estudiados. Para el cálculo de la demanda de energía, se tuvo en cuenta una eficiencia térmica promedio del 15% en las estufas de leña y de un 45% en las estufas de GLP. En la Tabla 5, se presenta la información calculada para cada uno de los municipios estudiados. La mayor demanda de energía se encuentra en Tumaco, seguida de Túquerres y San Pablo. La dinámica del consumo de energéticos en la zona rural del Departamento de Nariño principalmente es la combinación leña GLP.

Municipio	Consumo de GLP anual por municipio (Ton) (Datos SU1)	% viviendas que consumen GLP exclusivo	% viviendas consumen Leña como combustible principal	% viviendas consumen Leña como combustible secundario	Equivalentes de energía TJ/año	Demanda de energía (TJ/año)
Tumaco	24,0	0 %	63 %	6 %	42,59	59,1
Túquerres	25,0	0 %	29 %	60 %	7,49	32,5
La Unión	32,8	0 %	12 %	70 %	3,15	22,6
Barbacoas	28,8	0 %	55 %	17 %	5,27	17,0
Taminango	32,1	0 %	12 %	71 %	5,84	14,9
Sandoná	28,3	17 %	22 %	54 %	2,44	12,8
San Pablo	22,4	0 %	11 %	57 %	1,29	10,9
Yacuanquer	22,7	4 %	37 %	55 %	0,36	9,9
Mallama	31,4	0 %	15 %	65 %	1,66	9,0
Providencia	15,7	0 %	15 %	81 %	0,88	7,8
Ospina	18,6	4 %	22 %	68 %	0,23	7,0
Gualmatán	28,0	2 %	6 %	49 %	0,29	6,6
El Peñol	18,5	4 %	69 %	24 %	0,96	5,4
Ancuya	26,6	8 %	42 %	46 %	0,33	7,8
Mosquera	16,5	0 %	2 %	33 %	0,18	5,0
Nariño	28,0	33 %	11 %	48 %	0,01	1,7

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 5. Consumo de GLP en los municipios estudiados y demanda total de energía.

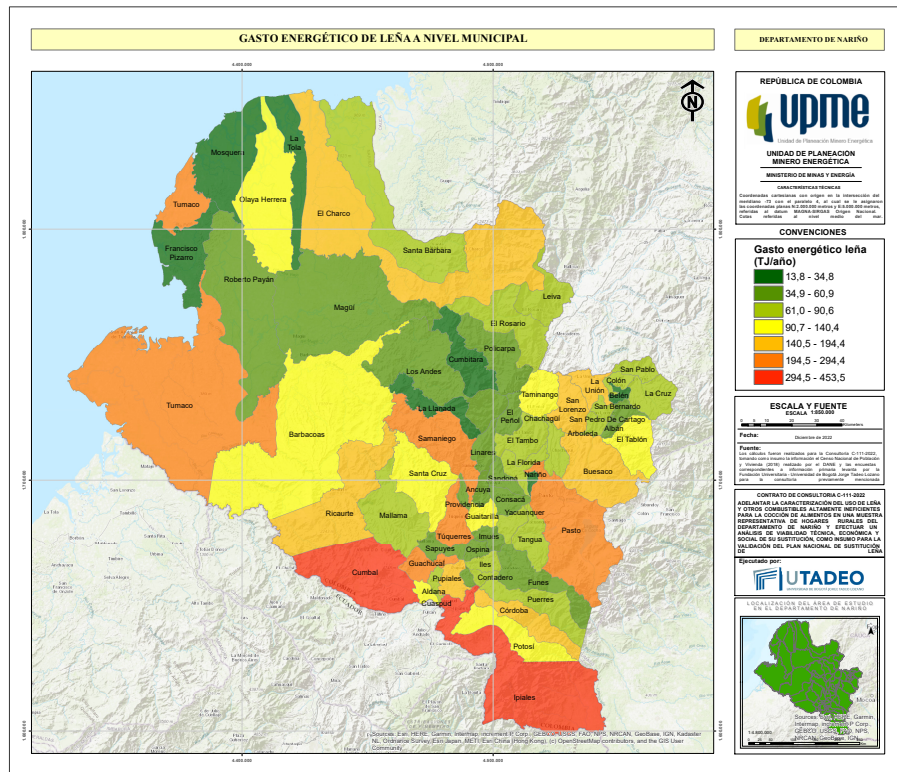


Figura 41. Gasto energético – Leña por año por municipio en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 41 y 42 se presenta el gasto energético dado por cada uno de los principales combustibles utilizados en las zonas rurales del departamento, leña y GLP. El mayor gasto energético proveniente de leña se da en los municipios de Ipiales y Cumbal, seguidos de un grupo de municipios dentro de los cuales está Tumaco y Túquerres y otros como Pasto, Samaniego y Guachucal, como los mayores consumidores de este recurso energético. En

cuanto al energético GLP, se encuentran como principales consumidores los municipios de Pasto, Ipiales, Cumbal, Tumaco y Barbacoas.

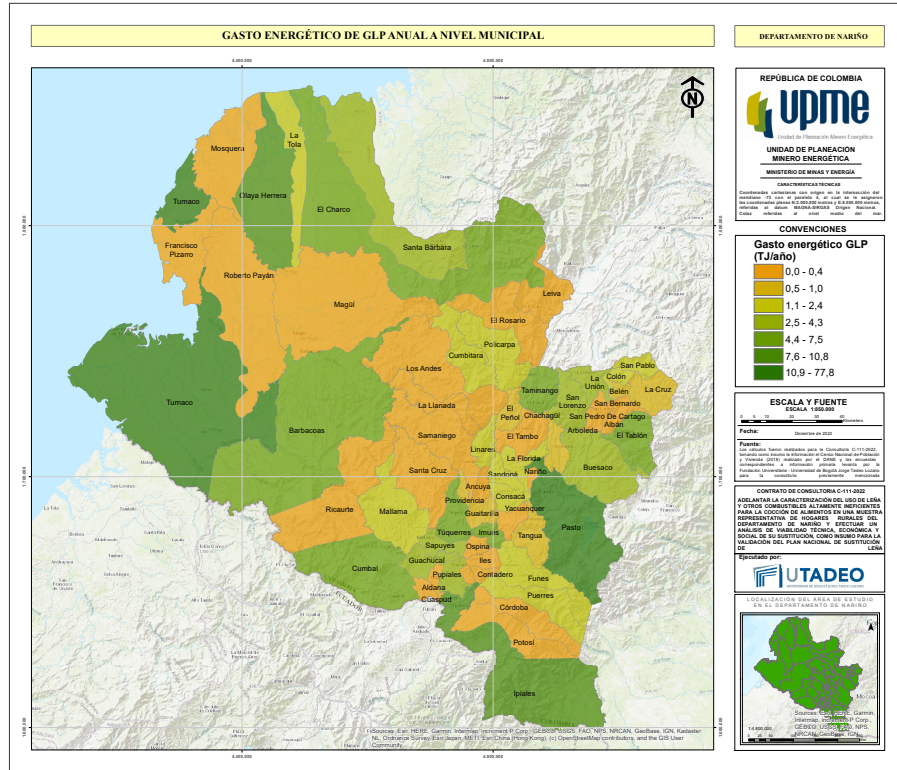


Figura 42. Gasto energético – GLP por año por municipio en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 43, se presenta la distribución en el mapa de la demanda de energía necesaria para la cocción en los hogares rurales del Departamento de Nariño.

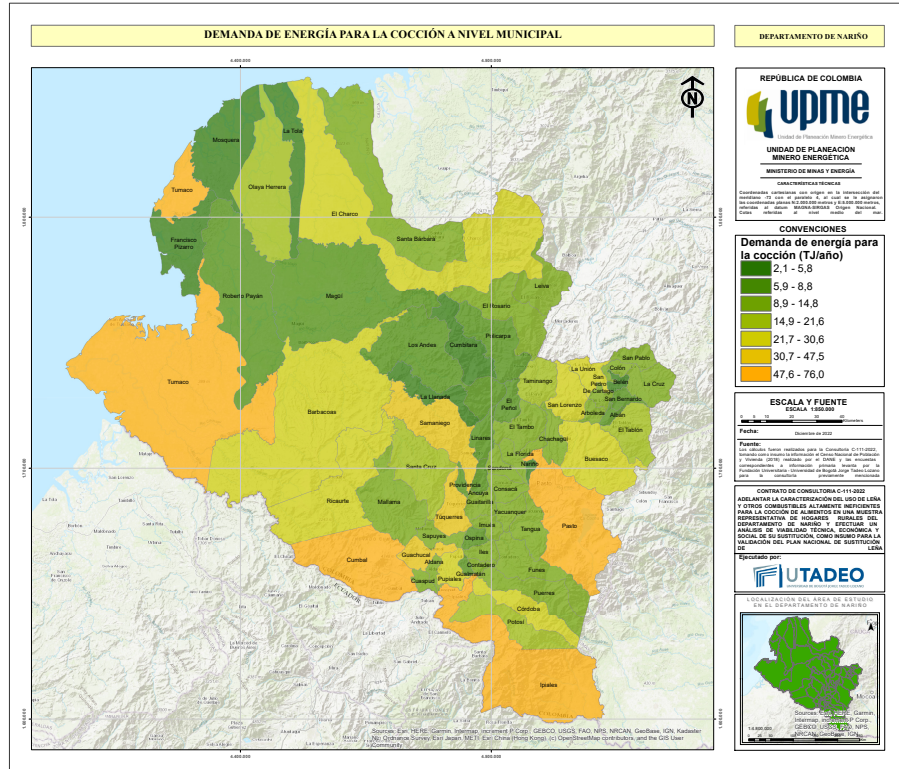


Figura 43. Demanda de Energía para la cocción por municipio en las zonas rurales en TJ/año. Fuente: Elaboración propia.

4 Diagnóstico de alternativas para la sustitución de leña y otros CIAC en el Departamento de Nariño

En esta sección se presenta el análisis de las alternativas que tiene el departamento de Nariño para desarrollar un escenario de transición al uso de fuentes energéticas más sostenibles para la cocción de alimentos. Se realiza una descripción de las alternativas que se enmarcan en el PNSL, dentro de las que se incluyen la energía eléctrica, el gas natural, el gas licuado de petróleo GLP y el biogás, con un enfoque territorial, lo cual constituye una base de información fundamental para determinar la viabilidad de tales alternativas. El documento describe consideraciones técnicas, económicas, sociales y ambientales, analizando los antecedentes para el Departamento de Nariño, proyectos realizados y en ejecución, población beneficiaria, entes financiadores y recursos invertidos, situación actual de las alternativas en el departamento en cuanto a oferta energética, condiciones de la infraestructura, cobertura actual, prestadores del servicio, subsidios, costos, caracterización de los usuarios y proyecciones identificadas para la ampliación de la cobertura. En el caso particular del biogás, se presenta un análisis del potencial para su generación en las diferentes subregiones del Departamento, considerando la generación de biomasa de origen agrícola y pecuario, así como los retos y desafíos para la implementación de esta alternativa en los hogares rurales de Nariño.

4.1 Sustitución de leña en Nariño

La demanda de energía constituye el valor neto utilizado en los hogares rurales para la cocción de alimentos independiente del recurso energético y el tipo de estufa. Por lo tanto, a partir de este valor se calculó la cantidad necesaria en cada una de las alternativas GLP pipeta, GLP en red, Biogás y Electricidad (estufa convencional de resistencia y estufa de inducción) para realizar la sustitución de la leña. Para este cálculo se consideró la eficiencia térmica en cada una de las estufas, reportadas por [3, 25], así como los poderes caloríficos inferiores reportados por FECOC en 2016. Para determinar el equivalente en cilindros, se tuvo en cuenta que un cilindro de 33 lb tiene aproximadamente 7,18 m³ de GLP. Adicionalmente se realiza el cálculo de emisiones de CO₂ actual con el uso de leña y la que se generaría con una completa sustitución de la misma por cada una de las alternativas. En la Tabla 6, se reportan los datos calculados de las equivalencias para la sustitución para cada alternativa, en unidades comerciales y/o comunes.

Municipio	m ³ de biogás	pipetas de 33 lb	m ³ de GLP por red	kWh estufa resistencia	kWh estufa inducción
Túquerres	761.141	17.83	129.446	4.228.565	2.392.160
Tumaco	725.035	16.984	123.305	4.027.977	2.278.684
La Unión	492.888	11.546	83.825	2.738.267	1.549.077
Barbacoas	435.726	10.207	74.103	2.420.700	1.369.425
Taminango	243.853	5.712	41.472	1.354.741	766.396
San Pablo	207.769	4.867	35.335	1.154.274	652.989
Sandoná	196.667	4.607	33.447	1.092.598	618.098
Yacuanquer	161.606	3.786	27.484	897.81	507.904
Mallama	156.807	3.673	26.668	871.15	492.822
Providencia	120.894	2.832	20.56	671.633	379.952
Ospina	111.835	2.62	19.02	621.306	351.481
Gualmatán	111.526	2.613	18.967	619.592	350.512
El Peñol	109.558	2.566	18.632	608.656	344.325
Ancuya	108.888	2.551	18.518	604.936	342.221
Mosquera	67.016	1.57	11.397	372.312	210.622
Nariño	31.648	741	5.382	175.823	99.466

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 6. Requerimientos para la sustitución de leña por mes por municipio.

Los datos calculados se presentan en la Tabla 7, evidenciando las altas emisiones de CO₂ generadas actualmente por el consumo de leña.

Municipio	Leña (hornillas) (Uso de leña actual)	Biogás	GLP	Electricidad (estufa eléctrica de resistencia)	Electricidad (estufa de inducción)	Leña (Estufa ecoeficiente)
Tuquerres	2.429,4	1.012,3	607,7	371,2	210,0	1.656,4
Tumaco*	1.987,4	828,1	497,1	303,7	171,8	1.355,0
La Unión	1.450,1	604,2	362,8	221,6	125,3	988,7
Barbacoas	1.054,5	439,4	263,8	161,1	91,1	719,0
Taminango	728,7	303,6	182,3	111,3	63,0	496,9
San Pablo	610,8	254,5	152,8	93,3	52,8	416,4
Sandona	580,5	241,9	145,2	88,7	50,2	395,8
Yacuanquer	511,4	213,1	127,9	78,1	44,2	348,7
Mallama	484,1	201,7	121,1	74,0	41,8	330,1
Providencia	411,3	171,4	102,9	62,8	35,6	280,4
Ospina	380,2	158,4	95,1	58,1	32,9	259,2
Gualmatán	370,1	154,2	92,6	56,5	32,0	252,4
El Peñol	341,3	142,2	85,4	52,1	29,5	232,7
Ancuya	320,3	133,5	80,1	48,9	27,7	218,4
Mosquera	244,6	101,9	61,2	37,4	21,1	166,8
Nariño	84,5	35,2	21,1	12,9	7,3	57,6

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 7. Generación de emisiones de las alternativas.

Las emisiones de gases con efecto invernadero se ve disminuida por la sustitución de la leña con cualquier alternativa, en la Tabla 8, se presentan los porcentajes de disminución en las emisiones logrado con cada una las alternativas evaluadas, alcanzando la máxima disminución con las estufas eléctricas de inducción. Para este cálculo se tuvieron en cuenta las emisiones atmosféricas generadas a partir del consumo de las toneladas del uso leña mensual para cocción, que se calculó con las encuestas aplicadas en los hogares rurales de los municipios estudiados del departamento de Nariño. El modelo para calcular el porcentaje de reducción de emisiones por reemplazo de la leña se presenta en la Ecuación (2).

$$\%Disminucin = \frac{TonCO_2Leña - TonCO_2alternativa}{TonCO_2Leña} \quad (2)$$

GLP Pipeta (%)	GLP Red (%)	Biogás (%)	EE Resistencia (%)	EE Inducción (%)
75,0	75,0	58,0	85,0	91,0

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 8. Porcentaje de reducción de emisiones por alternativa de sustitución.

4.2 Alternativa Energía eléctrica

La energía eléctrica es una de las formas de energía más empleadas en el desarrollo de las actividades cotidianas. Y se genera por el movimiento de las cargas eléctricas en un material conductor. Gracias a la energía eléctrica se puede encender un computador, un bombillo, un teléfono celular una nevera, una estufa o un televisor.

4.2.1 Descripción de la alternativa

Se puede generar energía eléctrica desde dos tipos de fuentes, las no renovables y las renovables:

- Fuentes de energía no renovables: Estas fuentes se encuentran en cantidades limitadas y una vez que se agoten no se podrá renovarlas ni adquirirlas con facilidad. De este

a 1000 vatios por cada hornilla y requieren de una tensión de alimentación de 110 o 220 voltios para funcionar. La eficiencia energética de estas estufas es baja (39,3 %) debido a las grandes pérdidas energéticas que se generan al tener que calentar la estufa y las ollas antes de que se inicie la cocción de los alimentos [25]. El uso de una hornilla representa un valor de 758,11COP por kilovatio hora tomando como referencia la mayor tarifa aplicada para el Departamento de Nariño correspondiente a la empresa Enertotal [42]. El costo de estas estufas es relativamente bajo aproximadamente 40 mil pesos por hornilla.

- Una estufa de inducción es una cocina vitrocerámica que funciona con electricidad y que es considerada como altamente eficiente; la estufa de inducción genera un fenómeno de inducción electromagnética y calienta directamente el recipiente en un solo paso, por lo que es mucho más eficiente y económica. Los recipientes deben ser de material ferromagnético [35]. Estas estufas típicamente presentan una potencia de 750 vatios por hornilla con conexiones de 110-220V, la eficiencia energética de estas estufas es alta (70 %) debido a las bajas pérdidas energéticas que se generan [25]. El uso de una hornilla representa un valor de 568,58COP por kilovatio hora tomando como referencia la mayor tarifa aplicada para el Departamento de Nariño correspondiente a la empresa Enertotal [42]. El costo de estas estufas es relativamente alto aproximadamente 185 mil pesos por hornilla [9].

4.2.2 Consideraciones económicas, sociales y ambientales

En cuanto a las consideraciones económicas, se deben analizar los costos de implementación los cuales son mayores para la estufa de inducción frente a la de estufa de resistencia convencional. Las condiciones de la presentación del servicio de electricidad, como subsidios, localización geográfica y conexión o no a la red pública, afectan las alternativas planetadas. Si la población rural se encuentra en una zona no interconectada (ZNI) esto incide en costos adicionales de instalación de equipos de generación de energía. En secciones posteriores se tratarán los aspectos anteriormente mencionados para el departamento de Nariño.

Enfatizando en el criterio social, las estufas que trabajan con energía eléctrica pueden ser una buena alternativa, ya que pueden funcionar en zonas interconectadas a la red pública o en zonas no interconectadas en las que se pueden implementar fuentes alternativas de generación, como energía eólica, solar, biomasa, entre otras. Estas no generan residuos o subproductos que puedan afectar la salud de las personas, y en el caso particular de la estufa de inducción se presenta una alta eficiencia y velocidad de cocción, lo que se traduce a menor tiempo en la cocción de alimentos y menor consumo energético. Aunque el costo asociado a la implementación de la estufa de inducción es mayor en comparación a la estufa de resistencia, el ahorro energético en el largo plazo podría suponer una mejor relación costo-beneficio para la población [40].

Las estufas eléctricas ya sean de resistencia o de inducción no son fuentes significativas de contaminación ambiental, ya que estas no trabajan con mecanismos de combustión por lo que su uso no aporta a la producción y liberación de gases de efecto invernadero y si la fuente de generación del energético no proviene del uso de combustibles fósiles el impacto medio ambiental es mínimo.

4.2.3 Antecedentes de la alternativa

Energía fotovoltaica

El Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) para el Departamento de Nariño ha realizado inversiones estimadas de \$589.813 millones de pesos, con impacto en 11 de

sus municipios (Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüi, Mosquera, Olaya Herrera, Ricaurte, Roberto Payán, San Andrés de Tumaco, Santa Bárbara), con 303 iniciativas propuestas por la comunidad; los recursos son de fuentes como OCAD Paz, obras por impuestos, obras PDET, trazador presupuestal PGN y cooperación internacional. En el año 2020 se finalizaron dos proyectos de expansión de la cobertura de energía eléctrica en zonas rurales no interconectadas. En el año 2021 se finalizó un proyecto de instalación de paneles solares [23]. En la Tabla 9 se presentan los proyectos de energía eléctrica ejecutados en el departamento de Nariño a corte 2021.

Nombre	BPIN/id	Beneficiarios	Inversión (millones de pesos)	Municipio	Entidad financiadora
Instalación de sistemas de autogeneración eléctrica con tecnología solar fotovoltaica en viviendas rurales no interconectadas del municipio de La Tola, Nariño (2020)	20201301010369	160 viviendas	\$3.274,61	La Tola	PDET
Instalación de sistemas de autogeneración eléctrica con tecnología solar fotovoltaica en viviendas rurales no interconectadas del municipio de Policarpa, Nariño (2020)	20201301010259	75 viviendas	\$1.560,78	Policarpa	PDET
Instalación de soluciones energéticas para beneficiar a viviendas en zonas no interconectadas del municipio de Los Andes Sotomayor, Nariño (2021)	20211330070262	-	\$41.657,90	Los Andes Sotomayor	IPSE
En etapa contractual previa a la ejecución del proyecto de implementación de soluciones energéticas en comunidades del pueblo AWA - UNIPA gran Sabalo Saunde Guyguay Tronqueria Palicito Planadas Telembi y Tor - tugaña Telembi, de los municipios de Barbacoas Roberto Payan y Tumaco	-	15.740	\$10.459,68	"Barbacoas Roberto Payan Tumaco "	SGR
En etapa contractual previa a la ejecución el proyecto Construcción de la interconexión eléctrica de las localidades rurales costeras pertenecientes a tres municipios del departamento del Cauca y en siete municipios del departamento de Nariño.	-	77.800	\$334.307,94	El charco, Francisco Pizarro, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, San Andrés De Tumaco, Santa Bárbara"	SGR
Estructuramos el proceso de consultoría para la actualización de estudios y diseños de la PCH Nariño I. formalización del convenio GN1889-2021	-	500	\$95	Taminango	MPIO
Implementación de alternativas de energización rural sostenible en zonas rurales y medidas de eficiencia y autorregulación.	-	78	\$112,42	Ricaurte	RP - MPIO

Sigue en la página siguiente.

Nombre	BPIN/id	Beneficiarios	Inversión (millones de pesos)	Municipio	Entidad financiadora
Construcción de la interconexión eléctrica de las localidades rurales costeras pertenecientes a tres municipios del departamento del Cauca y siete municipios del departamento de Nariño, segunda etapa nacional	-	77.800	\$189.247,43	Tumaco, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Santa Barbara	SGR

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 9. Proyectos Energía Eléctrica ejecutado en el Departamento de Nariño.

Energía hidroeléctrica

El departamento de Nariño por su riqueza en fuentes hídricas posee una generación de energía eléctrica principalmente a través de 4 hidroeléctricas. La central hidroeléctrica del Río Mayo lleva 52 años de operación con una capacidad instalada de 19,8 MW, con una generación de 125.341MWh/año para el año 2021 y se encuentra ubicada en el municipio de San Pablo; la central hidroeléctrica del Río Bobo ubicada en la vereda Chachatoy del municipio de Pasto fue construida en el año 1960 y tiene una capacidad instalada de 3,8 MW y género 27.177MWh/año en el año 2021; la central hidroeléctrica Río Sapuyes está ubicada en el municipio de Túquerres en la vereda la Floresta central tiene 65 años de funcionamiento y en el año 2021 represento un total de 11.599MWh/año de energía generada; la central eléctrica Julio Bravo está ubicada en el municipio de Pasto, inició su operación en el año 1942 y en el año 2020 se ejecutó un proyecto de repotenciación donde se amplió la capacidad instalada a 3,6 MW, lo que representará una generación de 22.800MWh/año; En el departamento también existen dos micro centrales hidroeléctricas estas son la micro central hidroeléctrica Río Ingenio está ubicada en el municipio de Sandoná y la planta tiene una capacidad instalada de 0,2 MW y en el Santuario de Las Lajas, municipio de Ipiales se encuentra instalada otra micro central hidroeléctrica instalada en el año 1934, en una derivación de la quebrada amarilla del río Bobo, con una potencia máxima de 0,15MW [8, 34].

4.2.4 Situación actual de la alternativa en Nariño

Oferta energética

Las redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN) son un conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales, que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final. Este sistema está conformado por el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR). El STN es el sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas, con sus correspondientes módulos de conexión, que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV. El STR es el sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica compuesto por redes regionales o interregionales de transmisión, conformado por el conjunto de líneas y subestaciones con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local.

A nivel Nacional, la infraestructura de transmisión alcanza 28.616,59 km [50] además de 526.882 km en redes de distribución [6]. En 2019, la tasa de cobertura de energía eléctrica en el país es de 96.53 %, lo que equivale a 13.798.765 usuarios [49]. El país cuenta con una capacidad instalada igual a 18.136,07MW, el 66 % de la generación corresponde a energía hidráulica, el 31,4 % a energía Térmica y el 2,6 % a no convencionales. La demanda de energía

en 2021 fue 74.117GWh-año, se calcula un crecimiento actual de 5,24 %. El aumento de la demanda en términos de promedio mensual fue de 307GWh-mes [49].

Al mes de marzo del 2022, la empresa CEDENAR alcanzó una cobertura del 96,3 %, con presencia en los 64 municipios del Departamento de Nariño y 3 municipios del Departamento del Cauca. CEDENAR cuenta con 43 subestaciones eléctricas, 91 circuitos de 13,8kV, 16.949 transformadores de 13,8kV, 2.619 equipos de macro medición, 15.690 Km de red de baja tensión y 8.125 Km de red de 13,8kV. Además, fue aprovechado el alto volumen del recurso hídrico con una generación propia de 164.117MWh/año. Se presentó un cumplimiento del 60 % en el proyecto de repotenciación de la hidroeléctrica Julio Bravo, también se reportan operaciones de mantenimiento a las todas las hidroeléctricas y una inversión superior a los \$24.073 millones de pesos en el plan de mantenimiento del sistema distribuidor lo que indica una buena condición de la infraestructura para prestar el servicio [8].

Usuarios, prestadores de servicio y cobertura actual

El sistema único de información (SUI) reporta un total de 16 empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en el departamento de Nariño, pero tan solo 9 de ellas reportan tener usuarios registrados tanto en el sector residencial como no residencial. Siendo la empresa Centrales Eléctricas de Nariño S.A. (CEDENAR) la mayor prestadora del servicio en todo el departamento (SUI, 2020). Al cierre de la vigencia 2021, la demanda de energía acumulada del departamento de Nariño y tres municipios de Cauca fue de 964.162,60MWh/año, con una disminución de 5,69 % (58.209MWh/año) frente al cierre del periodo anterior. La demanda de energía acumulada anual del mercado de interconexión Cauca-Nariño a diciembre del 2021 sumó 42.439,46MWh/año.

En el Departamento de Nariño se registran 486.199 usuarios residenciales afiliados a 9 empresas de (SUI, 2022). La empresa CEDENAR reporta 503.647 usuarios atendidos, de los cuales 473.634 usuarios corresponden al sector residencial con una cobertura del 97,4 % en el departamento. El porcentaje de recaudo de la empresa fue del 92,45 % [8]. Para el año 2019 se reportaron en el Departamento de Nariño un total de 23.674 viviendas rurales sin servicio de energía eléctrica como se muestra en la Tabla 10.

Municipio	Unidad de viviendas
Barbacoas	372
Buesaco	250
Cumbitara	140
Chachagüí	150
El charco	3.566
El tablón de Gómez	150
Funes	100
Iles	50
Ipiales	450
La tola	882
Leiva	526
Magüí	1.484
Mosquera	1.541
Olaya Herrera	2.681
Francisco Pizarro	876
Policarpa	350
Ricaurte	446
Roberto Payán	400
Santa Bárbara	4.061
Santacruz	200
San Andrés de Tumaco	5.000

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 10. Viviendas sin servicio de energía eléctrica Fuente: índice de cobertura de energía eléctrica [8]

En la Figura 45 se presenta el índice de cobertura de energía eléctrica en zonas rurales del Departamento de Nariño, por desagregación municipal. Se evidencia que los municipios

182138 de 2008. para los consumos que excedan el consumo de subsistencia y hasta 800 kWh mensuales por usuarios, el subsidio se calculará con referencia a las respectivas tarifas cobradas en diciembre de 2007, actualizadas con el IPC del mes inmediatamente anterior al de facturación [37].

El costo unitario (CU) es el valor de un kilovatio (kV). El valor de CU del mes se genera a partir de las siguientes variables: $CU = \text{Generación} + \text{Transmisión} + \text{Distribución} + \text{Pérdidas} + \text{Comercialización} + \text{Restricciones}$, la cual es establecida por el Gobierno Nacional a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas. CREG, mediante la resolución 119 del 21 de diciembre de 2007 [14]. En el Departamento de Nariño la tarifa aplicada por la empresa CEDENAR quien es la que cuenta con la mayor cantidad de usuarios fue de 710,69\$/kWh [43].

4.2.5 Planes de expansión de la alternativa

Fondo Todos Somos PAZcífico

El Fondo Todos Somos PAZcífico (FTSP) es una estrategia creada por el Gobierno Nacional para mejorar la calidad de vida de los habitantes de los municipios de influencia del litoral Pacífico colombiano en los departamentos de Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca. La entidad cuenta con tres préstamos externos provenientes de la banca multilateral por parte del Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por un valor de US\$ 400 millones. El componente de energización rural y energías alternativas sostenibles cuenta con una inversión de US\$ 91 millones de recursos provenientes del préstamo con el BID, el Gobierno Nacional busca ampliar la frontera de interconexión (electrificación rural) en el litoral Pacífico y desarrollar proyectos de energías renovables no convencionales que beneficiarán a más de 20.000 familias. Las acciones de la entidad en materia de energización rural están orientadas en aumentar la cobertura de este servicio con el fin de contribuir con la calidad de vida y el desarrollo económico de los habitantes del litoral Pacífico colombiano.

En la Tabla 11 se presentan los proyectos de expansión de la red eléctrica en el Departamento de Nariño por más de 575 mil millones de pesos que impactarán más de 19 mil beneficiarios, estos proyectos son financiados por el Fondo Todos Somos Pacífico (FTSP), Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) y por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE).

Nombre	Beneficiarios	Inversión (millones de pesos)	Municipio	Entidad financiadora
Construcción de redes eléctricas para las comunidades étnicas Awá de Tumaco	282	\$5.359	Cuatro resguardos indígenas (Peña Alegría, La brava, Nunalbi Alto Ulbí, Piguambi Palanga)	FTSP
Interconexión eléctrica para las veredas Barro Colorado, Guachire, Guabal y San Agustín del Consejo Comunitario Río Gualajo de Tumaco	191	\$2.590	Tumaco	FTSP
Implementación de soluciones energéticas en comunidades del pueblo awa – Unipa, Gran Sabalo, Saunde, Guyguay, Tronquera Palicito, Planadas Telembi y Tortugaña Telembi de los municipios de Barbacoas Roberto Payan y Tumaco – Nariño	716	\$10.459,68	“Barbacoas, Roberto Payan, Tumaco ”	PDET
Construcción de la interconexión eléctrica de las localidades rurales costeras pertenecientes a tres municipios del Departamento del Cauca y en siete municipios del Departamento de Nariño, segunda etapa nacional	-	\$189.247,44	La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Francisco Pizarro, Santa Barbara y San Andrés de Tumaco	PDET
Desarrollo e implementación de proyectos energéticos sostenibles en las zonas no interconectadas ZNI nacional	10.368	\$218.490,32	-	IPSE
Mejoramiento del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales del territorio nacional	7.484	\$140.290	-	IPSE
Proyecto de implementación de sistema de energía solar fotovoltaico (paneles solares) de alumbrado público, para la ve - reda Mira Palmas, del Distrito de San Andrés de Tumaco, Nariño.	500	\$22.172	San Andrés de Tumaco	RP

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 11. Proyectos de expansión conectividad eléctrica Departamento de Nariño.

4.3 Alternativa Gas licuado de petróleo (GLP)

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es una combinación de moléculas de propano y butano, con trazas de otros compuestos. En condiciones normales de temperatura el GLP se encuentra en estado gaseoso, si el GLP es sometido a presiones moderadas o bajas temperaturas puede transformarse en un líquido. El GLP en estado líquido puede ser transportado y almacenado con facilidad; el GLP suele almacenarse en contenedores de acero o aluminio [4].

4.3.1 Descripción de la alternativa

El GLP es distribuido por dos mecanismos por redes y cilindros. A continuación, se describe cada una de las metodologías:

- GLP por redes: La actividad de distribución de GLP por redes comprende las actividades de:

1. Compra del GLP en el mercado mayorista con destino al usuario final.

2. Flete desde los puntos de entrega directa del producto o los puntos de salida del sistema de transporte hasta las Estaciones de Almacenamiento y Regulación de GLP.
3. Transporte de GLP a través de redes de tubería, desde las Estaciones de Almacenamiento y Regulación de GLP hasta la conexión de un usuario.

Cuando la distribución de GLP se realiza a través de redes de tubería está sujeta al Código de Distribución de Gas Combustible por Redes establecido en la Resolución CREG 67 de 1995, o aquella que la modifique o sustituya, y demás resoluciones aplicables a los Distribuidores de Gas Combustible por Redes [16]. En la Figura 47 se muestra el esquema de distribución de GLP por redes.

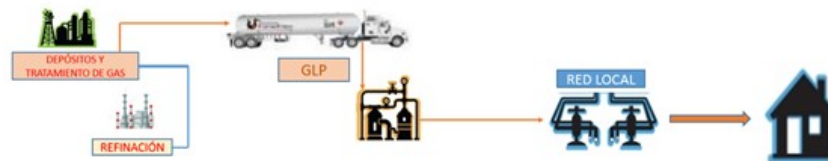


Figura 47. Esquema de distribución de GLP por redes Fuente: Plan de sustitución de leña de la UPME [48].

- GLP por cilindros: La actividad de distribución de GLP abarca las actividades de: i) Compra del GLP en el mercado mayorista con destino al usuario final, ii) flete desde los puntos de entrega directa del producto o los puntos de salida del sistema de transporte hasta las plantas de envasado, iii) envasado de cilindros marcados y iv) operación de la planta de envasado correspondiente. Comprende además las actividades de flete y entrega de producto a granel a través de tanques estacionarios instalados en el domicilio de los usuarios finales y de venta de cilindros a través de Puntos de Venta [13]. Los cilindros de GLP son distribuidos en tamaños de: 33 libras (15 kilos), 40 libras (18 kilos), 77 libras (35 kilos) y 100 libras (45 kilos). En la Figura 48 se muestra el esquema de distribución de GLP por cilindros.

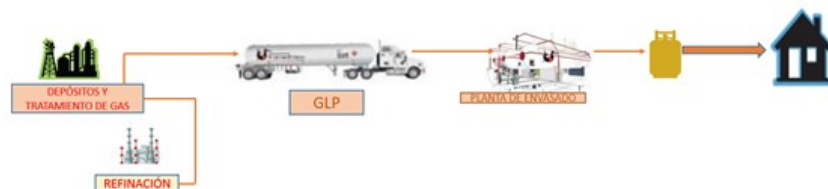


Figura 48. Esquema de distribución de GLP por cilindros Fuente: Plan de sustitución de leña de la UPME [48].

4.3.2 Consideraciones técnicas

Las vías de acceso son un factor técnico que se debe considerar en la distribución de GLP, ya que es necesario garantizar que los tractocamiones que trasladan el gas puedan llegar a las subestaciones para su procesamiento y redistribución bien sea por redes o cilindros.

El GLP puede ser distribuido mediante redes locales pero la cobertura de estas redes puede ser restringida por parámetros técnicos que son afectados por la topografía de la región, condición particular del Departamento de Nariño. Una de las alternativas para la sustitución de la leña en las zonas rurales es la extensión de las redes urbanas. En Nariño,

aún no se han extendido redes en las zonas rurales dispersas, pero sí en centros poblados, tal es el caso del municipio de Túquerres y los centros poblados de Pinzón, Santander y Cuatro Esquinas. Sin embargo, en zonas cercanas, se cuenta con experiencia en el Alto Putumayo, Sibundoy, San Francisco, Colón y Santiago, con población rural indígena. En Cundinamarca y Boyacá, se han extendido más de 100 km por municipio llegando no solo a centros poblados sino también a la zona rural dispersa. El precio del energético por redes permite ahorros a los usuarios, de acuerdo a lo informado por la Gobernación de Nariño alcanza valores cercanos al 43 %.

En cuanto a la distribución de GLP en cilindros, es una alternativa viable para la distribución del energético a poblaciones de la zona rural del departamento. Los cilindros son seguros, portátiles y de fácil instalación. Estos pueden ser transportados en pequeños camiones, motos, transporte fluvial o por tracción animal. También se pueden instalar centros de acopio y distribución lo que facilita el acceso y reduce los desplazamientos del usuario a la hora de adquirir el energético. El GLP frente al gas natural presenta una ventaja frente a su poder calorífico al ser 2,7 veces mayor, lo que permite realizar los procesos de cocción de manera más rápida y eficiente [33]. El peso de los cilindros suele verse como una dificultad ya que algunas presentaciones pueden llegar a un peso de hasta 45kg, pero ya existen alternativas de cilindros a base de materiales compuestos con pesos significativamente menores en comparación a los cilindros metálicos tradicionales, que podrían favorecer la distribución en las zonas rurales.

4.3.3 Consideraciones económicas

La resolución 005 de 2021 regula los precios de suministro de GLP de comercializadores mayoristas a distribuidores dicta que los comercializadores podrán definir libremente el precio del suministro de GLP excepto en los siguientes casos: cuando Ecopetrol sea el beneficiario real de más del 50 % de su comercialización o cuando Ecopetrol efectúe directamente la comercialización del GLP. En estos casos, el precio del servicio será regulado y deberá establecerse de acuerdo con las metodologías dispuestas por la CREG.

Este precio regulado será aplicable por punto de entrega, con base en la medición de calidad de cada entrega y los precios de referencia publicados por Ecopetrol. Para determinar el precio máximo regulado de suministro de GLP de producción nacional se reconocerá el precio de referencia del gas propano y del gas butano del mercado de Mont Belvieu, publicados por Bloomberg, sin sumarle o restarle costos [12]. Este sistema regulatorio influye significativamente en el precio del GLP las fluctuaciones del mercado de Mont Belvieu, entre diciembre 2020 y marzo 2022, los precios internacionales del propano y butano Mont Belvieu se incrementaron en 121,5 % y 97,7 % respectivamente. Ante el aumento sostenido de los precios internacionales el precio regulado del GLP incrementó 2,4 veces, Ecopetrol decidió otorgar un descuento del 30 % para el producto que ofrece al mercado nacional, aplicable durante el primer semestre de 2022. Sin embargo, en julio de 2022, una vez finalizada la vigencia del descuento, el precio de venta de Ecopetrol a las distribuidoras tuvo un incremento de 39 % frente al mes anterior, lo que implicó a su vez un incremento entre 14 % y 16 % en el precio de venta al público, para un cilindro de 40 lb [5].

En general la fórmula tarifaria traslada los costos en los que se incurre para llevar al usuario final el GLP en cilindros o tanques, desde la producción hasta la comercialización. La fórmula incluye un componente asociado a los costos de producción, otro asociado al transporte, y también se remunera distribución y comercialización. De acuerdo con esto para establecer el precio a los usuarios regulados, mediante la Resolución CREG 180 de 2009 se aprobó la fórmula tarifaria general que permite a los Distribuidores y Comercializadores Minoristas establecer los costos de prestación del servicio de Gas Licuado del Petróleo – GLP [15].

En Nariño, para el segundo trimestre de 2022 se reportaron valores de 2.928 – 2.370\$/lb

(cilindro de 30 libras) mientras para GLP en redes un valor de 6.7782\$/m³, siendo uno de los departamentos en donde este energético es más económico en el panorama nacional [43, 44]

Subsidios al GLP por cilindros

El Decreto 2195 de 2013 y la Ley 2128 de 2021, establecen el otorgamiento de subsidios al consumo de GLP distribuido en cilindros. El monto máximo para subsidiar por usuario es un porcentaje del costo del consumo básico o de subsistencia definido por la UPME, (14,6 kg equivalente a 32,18 libras) y que no podrá superar el 50 % para el estrato 1 y el 40 % para el estrato 2. Para el año 2021 se aprobaron recursos del Presupuesto General de la Nación (PGN) por \$60.688 millones para este programa. Los departamentos que pueden acceder a este subsidio son: Caquetá, Cauca, Nariño, Putumayo, Amazonas y San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La población beneficiada con este subsidio se identifica mediante el sistema de información de la Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida del Departamento Nacional de Planeación, denominado SISBEN.

Así mismo, el subsidio para esos seis departamentos cobijados por el llamado “plan piloto” debe actualizarse, ya que los porcentajes (50 % y 40 % estratos 1 y 2, respectivamente) se aplican a los precios de la fecha de su implementación en cada departamento, y no a los precios actuales. Eso lleva a que, en la práctica, estos porcentajes sean realmente del 15 % o 20 % del precio actual del combustible para el consumo de subsistencia [5].

Subsidios gas por redes

Para el caso del gas domiciliario por redes se tienen contemplados subsidios de hasta el 60 % para el estrato 1 y hasta el 50 % para el estrato 2 en el consumo de subsistencia de 7,26 m³ [11].

4.3.4 Consideraciones sociales y ambientales

El GLP puede contribuir positivamente a mejorar la calidad del aire, en comparación con el gasóleo, el fueloil de calefacción y los combustibles sólidos. El GLP es uno de los combustibles convencionales más limpios al tener una baja huella de carbono, no es tóxico y no afecta negativamente al suelo, las masas de agua o los acuíferos. El GLP también ayuda a reducir las emisiones de hollín y partículas que, aparte de afectar a la calidad del aire en interiores y exteriores, pueden causar problemas graves de salud. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire por partículas sólidas reduce un promedio de 8,6 meses la esperanza de vida de los habitantes de la UE [5].

4.3.5 Situación actual de la alternativa en Nariño

La oferta de GLP en Colombia, en mayor medida proviene de la producción de las refinerías de Barrancabermeja, Cartagena y Apiay, a corte de julio del 2016 se tenía un 63 % de la producción total de GLP a partir del secado de gas natural y tan solo el 35 % de la producción nacional en refinería [46].

Cobertura de GLP por cilindros

De acuerdo con la información de ventas ante el SUI en el mes de junio de 2021, las empresas de GLP que reportaron ventas de cilindros de GLP y por lo tanto presentan cobertura en el departamento de Nariño son: MONTAGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS MONTAGAS SA E.S.P., DISTRIBUIDORA DE GAS DEL PACIFICO DIGAS SAS ESP, ENERGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS - ENERGAS SA ESP, NORTESANTANDEREANA DE GAS S.A. E.S.P., COMBUSTIBLES LÍQUIDOS DE COLOMBIA S.A. E.S.P., SUPERGAS DE NARIÑO S.A. E.S.P. y CHILCO DISTRIBUIDORA DE GAS Y ENERGIA SAS ESP. La empresa MONTAGAS S.A. informó que cuenta con 1517 puntos de redistribución y 310 puntos de venta certificados, donde el 71 % es urbano y centros poblados y el 29 %

rural y rural disperso que atiende 4 % de población indígena y 10 % de población afro. El consumo de GLP por pipetas reportado en el SUI en el el año Julio de 2020 a Junio de 2021, se presenta en la Tabla 12, para un total de 4.738 Toneladas en esa ventana de observación en el Departamento de Nariño.

Subregión	Cilindro de 100 libras	Cilindro de 15 libras	Cilindro de 20 libras	Cilindro de 30 libras	Cilindro de 40 libras	Consumo en Lb por subregión
Abades	0	0	0	107	15	3.810
Centro	3.453	1.409	20	104.558	1.832	3.576.855
Cordillera	41	22	0	4230	6.658	397.650
Exprovincia de obando	41	22	0	4230	6.658	397.650
Guayambuco	1	48	0	1835	4	56.030
Juanambú	241	265	0	244	12.339	528.955
La Sabana	681	2	1	21.641	655	743.580
Occidente	56	2	0	9.101	171	285.500
Pacífico Sur	66	0	0	26.707	26600	1.871.810
Pie de Monte Costero	0	0	0	2.443	7	73.570
Río Mayo	120	504	0	445	9.399	408870
Sanquianga	485	191	6	30.303	867	995.255
Telembí	131	0	0	4.952	1.743	231.380
TOTAL NARIÑO	5.316	2.465	27	210.796	66.948	9.570.915
CONSUMO TOTAL EN TONELADAS POR AÑO (JULIO 2020-JUNIO 2021) REPORTADO EN EL SUI						4.738

Fuente: (SUI, 2022).

Tabla 12. Consumo de GLP por pipetas.

Las plantas almacenadoras y envasadoras que se encuentran reportadas ante el SUI actualmente en el municipio de Nariño se presentan en la Tabla 13.

Empresa	Municipio	Tipo de Planta	Capacidad (Galones)
CHILCO DISTRIBUIDORA DE GAS Y ENERGIA S.A.S E.S.P	PASTO	Envasadora	257.757
DISTRIBUIDORA DE GAS DEL PACIFICO DIGAS SAS ESP	OLAYA HERRERA	Envasadora	56.728
MONTAGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS MONTAGAS SA E S P.	PASTO	Envasadora	272.329
MONTAGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS MONTAGAS SA E S P.	SAN ANDRES DE TUMACO	Envasadora	51.912
MONTAGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS MONTAGAS SA E S P.	SAPUYES	Envasadora	77.443
SUPERGAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	PASTO	Envasadora	250.000

Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios – SUI.

Tabla 13. Plantas almacenadoras y envasadoras de GLP en Nariño.

4.3.6 Cobertura actual del servicio GLP por redes

De acuerdo con la información del boletín tarifario de gas por redes para el segundo semestre del 2022, en el departamento de Nariño las empresas que realizan la prestación del servicio de GLP por redes son: INGENIERÍA Y SERVICIOS SOCIEDAD ANÓNIMA DE EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS, GASTUMACO DEL PACÍFICO SAS ESP y MONTAGAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS MONTAGAS SA E.S.P.

Los municipios que cuentan actualmente con GLP por redes son: Aldana, Contadero, Iles, Córdoba, Guaitarilla, Pupiales, Cumbal, Guachucal, Potosí, Gualmatán, Ospina, San Andrés de Tumaco, Pasto, Sapuyes y Túquerres (Superservicios, 2022). Se reportan 8.458 usuarios de redes de GLP en el departamento con un consumo de 691.339 m³ de GLP para el año 2021.

En el Departamento de Nariño hay 40 municipios que cuentan con redes de GLP instaladas, en proceso de instalación o con fondos aprobados. En la Figura 49 muestran los municipios que cuentan con red urbana de GLP, está en proceso o proyectada dentro de los planes de expansión. Estos municipios tienen mayor potencial de extender las redes a las viviendas rurales.

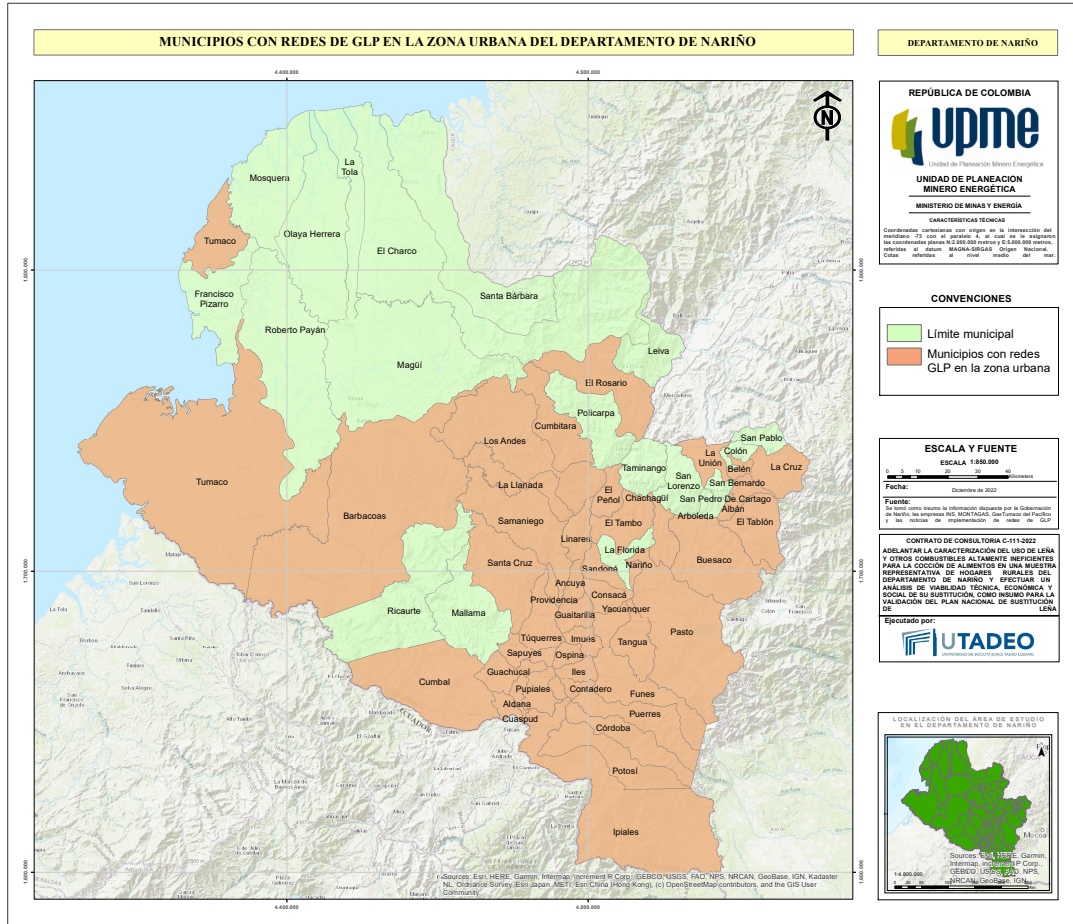


Figura 49. Municipios con red de GLP (actuales y en proceso). Elaboración propia con información proyectos.

La prestación del servicio de GLP domiciliario en las zonas rurales dispersas tienen algunas desventajas como el costo de la red por la mayor distancia entre usuarios (1000 usuarios pueden tener de 90 a 100 m en promedio), el consumo en las zonas rurales puede ser bajo, ya que no se cuenta con otros electrodomésticos como calentador y horno, el costo por el proceso logístico para la lectura y entrega de la factura del servicio mensual y el costo por la atención de cortes de servicio o atención de fallos técnicos o emergencias puede ser limitado por las distancias.

Sin embargo, los proyectos de instalación de redes o propanoductos en el caso de GLP en Nariño, históricamente han sido financiados por el Estado Colombiano, a través de diferentes fondos y entidades como el Sistema General de Regalías y el Ministerio de Minas y Energía, Gobernación de Nariño y Alcaldías, además del aporte por parte de las empresas de servicios públicos. Este sistema de cofinanciación de los proyectos se ha manejado de forma exitosa y se ha podido subsidiar en altos porcentajes la red de distribución, la conexión y la instalación interna de los usuarios. Los costos de esta alternativa (1000 usuarios en las zonas rurales dispersas) pueden estar en promedio cercano a los 5 millones de pesos por usuario, conectado a extensiones de la red urbana. La mínima cantidad de usuarios para abrir una nueva central de abastecimiento y su red es de 1500 usuarios, para una zona nueva. Si una zona se puede atender desde otro municipio, este número de usuarios se puede reducir a 500 (Información obtenida en entrevista con la gerencia de INS empresa

prestadora de servicio GLP en Nariño).

4.3.7 Planes de expansión de la alternativa o proyectos futuros

A continuación, se describen proyectos de expansión que se encuentran en ejecución en el Departamento de Nariño, y que logran la ampliación a un porcentaje importante de municipios en el Departamento con redes de GLP principalmente, como se mostró en la Figura 49.

1. Estructurado, formulado, presentado y aprobado el proyecto subsidio para derechos de conexión e instalaciones internas a los usuarios del servicio de GLP por redes en los municipios de Cumbal, Guachucal y Potosí del departamento de Nariño, se formaliza convenio para inicio de ejecución. IMPACTO: Ampliar la cobertura en el servicio público domiciliario de GLP por redes, para 3520 familias en los municipios de Cumbal, Guachucal y Potosí en el departamento de Nariño. INVERSIÓN: \$4.448,2 millones de pesos (GOBERNACIÓN NARIÑO, 2020).
2. Estructurado, formulado y presentado el proyecto subsidio para ampliar la cobertura del servicio público domiciliario de GLP por redes en 18 municipios en el departamento de Nariño, para ser financiado por fondos del Sistema General de Regalías por medio del OCAD Regional. IMPACTO: Ampliar la cobertura del servicio de gas combustible por redes, a través de la construcción de infraestructura del Sistema de Distribución en dieciocho (18) municipios, para beneficiar a 18.549 usuarios residenciales y 681 no residenciales, Albán, Ancuya, Belén, Buesaco, Cumbitara, El Rosario, El Tablón de Gómez, Funes, Imués, La Cruz, Linares, Los Andes Sotomayor, Providencia, San Bernardo, Sandoná, Santacruz, Tangua y Yacuanquer. INVERSIÓN: 44.272,1 millones de pesos (GOBERNACIÓN NARIÑO, 2020).
3. Distribución de recursos al consumo en cilindros y proyectos de infraestructura de glp nacional. IMPACTO: Subsidiar a cerca de 164.510 familias del Departamento de Nariño. INVERSIÓN: 44.143,4 millones de pesos. BPIN: 2018011000763 [20].
4. Implementación del servicio de gas GLP por redes en los municipios de Cumbal, Guachucal y Potosí en el Departamento de Nariño. INVERSIÓN: \$5.347,5 millones de pesos [32].
5. Aunar esfuerzos administrativos, técnicos y financieros para ejecutar el proyecto Subsidio para derechos de conexión e instalaciones internas a los usuarios del servicio de GLP por redes en los municipios de Ipiales y Ospina del departamento de Nariño. INVERSIÓN: \$21.200,5 millones de pesos. Fuente de la financiación Gobernación de Nariño. Código UNSPSC 83101604 [10].
6. Subsidio para derechos de conexión e instalaciones internas a los usuarios del servicio de glp por redes, en los municipios de Chachagüí, Samaniego y San Lorenzo del Departamento de Nariño. INVERSIÓN: \$5.210,2 millones de pesos. Fuente de la financiación Gobernación de Nariño. Código UNSPSC 83101604 [10].

Desde la Gobernación se han gestionado diferentes proyectos que permitan ampliar la cobertura de GLP en las zonas urbanas de algunos municipios de Nariño, aunque el desarrollo de estos proyectos es en su mayoría para las zonas urbanas, posteriormente se podría ampliar la cobertura de GLP por redes a las zonas rurales cercanas al área urbana, los proyectos que se encuentran gestionando son:

7. El 19 de octubre de 2021 se firmó el acta de inicio del proyecto que espera beneficiar a 18.173 hogares de estratos 1 y 2 con la implementación de GLP por redes en 18 municipios de Nariño, los cuales son: Ancuya, Belén, Buesaco, Cumbitara, El Rosario, Tablón de Gómez, Funes, Imues, La Cruz, Linares, Providencia, San Bernardo, San José de Albán, Sandoná, Santacruz Guachavez, Tangua y Yacuanquer; el valor del proyecto corresponde a 43.632 millones de pesos, y la empresa que va a realizar la ejecución contractual corresponde a MONTAGAS S.A. E.S.P. Al igual que los proyectos reportados en los antecedentes este proyecto se encuentra siendo desarrollado por fases, el 14 de junio del 2022 se informó por parte de la Subsecretaría de Minas y Energía del Departamento de Nariño un avance en la instalación de redes de 55.630 kilómetros, así como 4 plantas que van a permitir el abastecimiento en los municipios. La Gobernación de Nariño tiene contemplado subsidiar la instalación de las redes internas en los hogares.
8. En el municipio de Ipiales, se está iniciando un proyecto para la "Implementación del servicio de gas GLP por redes en Ipiales y Ospina" Este convenio está siendo ejecutado por la empresa INS, la población beneficiada corresponde a 23.402 familias de estratos 1 y 2 ubicadas en la zona urbana del municipio de Ipiales y Ospina. El proyecto se desarrollará en tres fases: La primera fase consistía en la construcción de una planta de almacenamiento de gas con capacidad de 54.000 galones, la segunda fase consiste en la construcción de las redes de distribución con extensiones de aproximadamente 313 kilómetros, la última fase consiste en la instalación de la red interna incluyendo medidor de gas, llave parcial, rejillas de ventilación, acometida y válvula de corte. La inversión total del proyecto corresponde a \$20.100 millones, los cuales fueron financiados por el Ministerio de Minas y Energía con \$16.400 millones para la construcción de la planta de almacenamiento y las redes de distribución, la empresa INS realizó un aporte de \$21.000 millones, la Gobernación de Nariño aportando al subsidio para los estratos 1 y 2 con inversión de más de \$16.000 millones. La Gobernación de Nariño también realizó un convenio enfocado a la instalación de las acometidas para las familias pertenecientes a estratos 1 y 2 con un valor estimado de \$30.000 millones.
9. En los municipios de Chachagüí, Consacá, El Tambo, Nariño, Puerres, San Lorenzo y Samaniego, se está iniciando un proyecto para la "Implementación del servicio de gas GLP por redes" , el cual contempla la construcción de la red de gas domiciliario y el subsidio para la conexión interna para estratos 1 y 2, con un valor de \$12.409 millones con dinero de regalías, esperando beneficiar 10.545 usuarios en los municipios de Chachagüí, Consacá, El Tambo, Nariño, Puerres, San Lorenzo.
10. MONTAGAS S.A. E.S.P. se encuentra en proceso de construcción del proyecto de infraestructura de gas Licuado de Petróleo por red de tubería, contemplado en el proyecto denominado Implementación del servicio de Gas GLP por redes en los municipios de Barbacoas, Cuaspud, El Peñol, La Llanada y La Unión en el Departamento De Nariño y las conexiones a servicio público de gas licuado de petróleo por un valor de \$8,656,882,963 este proyecto está identificado con código UNSPSC 83101601 y beneficiará un total de 6.172 usuarios.

4.4 Biogás

En esta sección se presenta la conceptualización del biogás como un recurso energético sostenible sustituto de leña en las regiones rurales del Departamento de Nariño. Se describen las cadenas agropecuarias presentes en el departamento y susceptibles de generar residuos

sólidos y estiércoles capaces de ser convertidos en Biogás. Finalmente se presentan las proyecciones teóricas de la producción de biogás en el departamento de Nariño.

4.4.1 Características generales del Biogás

Composición química del biogás

El biogás se genera a través de medios naturales o mediante procesos inducidos, mediante fermentaciones metanogénicas, principalmente llevadas a cabo por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). El producto resultante es una mezcla constituida por metano (CH_4) en una proporción que oscila entre un 40 % a un 70 % y dióxido de carbono (CO_2), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S).

En la Figura 50, se presentan las fases biológicas necesarias para la producción de biogás.

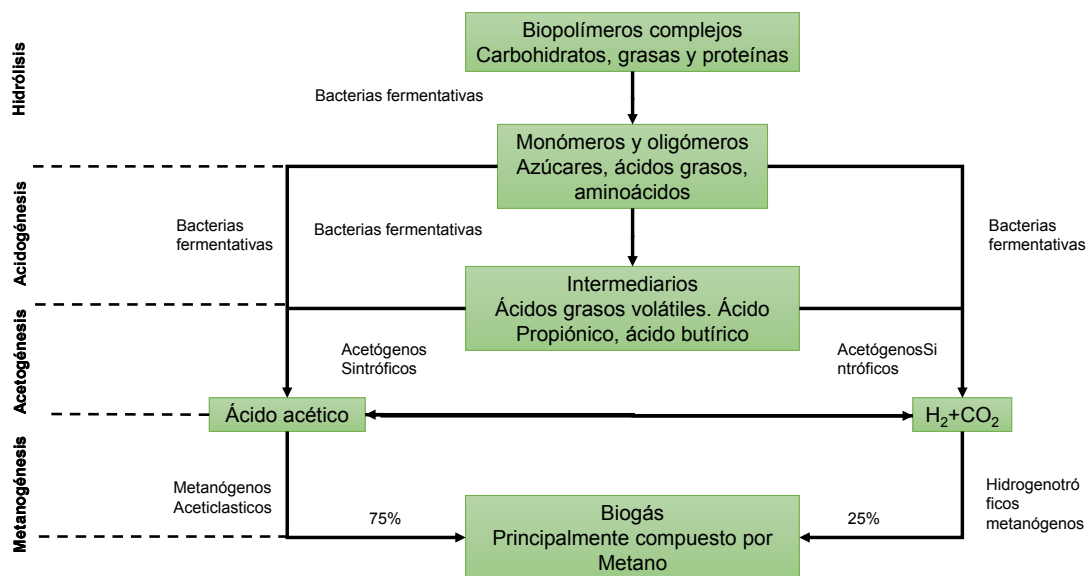


Figura 50. Fases de producción de biogás Fuente: [29].

Como se puede ver en la Figura 50, la producción de biogás involucra 4 grandes etapas, hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, metanogénesis. En cada una de estas etapas las bacterias metanogénicas desarrollan procesos fermentativos, para producir metabolitos secundarios, entre los cuales se destacan el ácido acético, H_2 , CO_2 . A partir de los procesos de metanogénesis, se lleva a cabo la producción del biogás, conformado principalmente por CH_4 , CO_2 y pequeñas trazas de H_2S y H_2 [26, 29].

A pesar de tener bien establecidos los bioprocesos involucrados en la producción de biogás, la estandarización del proceso es aún un desafío, principalmente por la variabilidad de los rendimientos logrados. En la Tabla 14, se presentan algunos rendimientos de producción de biogás obtenido a partir de diferentes biomásas vegetales.

Biomasa	Rendimiento	Referencia
Hierba Napier	40 % de CH_4 teórico	[38]
Decantado de la industria de la palma	420 ml/g biomasa	[27]
Pulpa de Café	17.81 NL/L	[7]
Paja de trigo	75 % del CH_4 teórico	[24]
Residuos industria de papel y paja de trigo	90 % del CH_4 teórico	[41]
Pomea aquatica y Eichirnia crassipes	0.29 dm^3 /día	[1]
Desechos de porcicultura y cortes de hierba	1 L/día	[31]

NL/L: Rendimiento normal por litro

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 14. Rendimientos Obtenidos en la Producción de Biogás.

Biomasa disponible en el Departamento de Nariño para la producción de biogás

En Colombia existen principalmente 2 tipos de cultivos; los transitorios y los permanentes. Dentro de los transitorios están el arroz y el maíz, mientras que los cultivos permanentes están representados por el banano, café, caña azucarera y panelera, palma de aceite y plátano, entre otros. Se consideró la información reportada en el informe "Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento" realizado por la UPME en 2017, para analizar el potencial de generación de biomasa en el Departamento de Nariño. Adicionalmente, se consideraron los diferentes tipos de biomasa reportados en el Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia [45], en la Tabla 15 se resume el sector y tipo de biomasa con potencial para ser transformada en Biogás, reportada para el Departamento.

Sector	Residuo	Cantidad (Ton/año)
Pecuario		
Avícola	Estiércol	6.518.795
Porcícola	Estiércol	2.745.392
Bovino	Estiércol	83.497.181
Agrícola		
Arroz	Paja	2.078.073
Banano	Fruto rechazo	2.067.945
Café Pulpa	Pulpa	298.996
Café Mucilago	Mucilago	102.243
Café Borra	Borra	18.532
Maíz	Caña	912.659
Palma de Aceite	Laguna Oxidación	6.709.985
Plátano	Fruto Rechazo	23.816.051
Caña de Azúcar	Bagazo	6.972.609
Caña Panelera	Bagazo	364.066
Urbano		
Sólidos urbanos Residuales	RUS	9.845.875
Lodos plantas tratamiento de aguas	Lodos	19.422.647
Industrial		
Lácteo	Grasas, Lodos	37.125
Cervecería	Lodos	789.230
Destilería	Vinazas	9.587.333
Matadero	Rumen	103.581

Fuente: Construcción propia con base en información Atlas de Biomasa, [45].

Tabla 15. Producción de biomasa residual por sector representativo.

De acuerdo con los estudios realizados por la UPME en el informe Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento, el departamento de Nariño tendría como principal biomasa disponible para ser transformadas en Biogás, la derivada del cultivo de caña panelera, con una producción de 101.891 Toneladas por año y un porcentaje de participación del 8 % en el país.

Cadenas productivas en Nariño

La principal fuente económica del Departamento de Nariño es la Agricultura, según el Censo Nacional Agropecuario, el área rural dispersa con uso agrícola es de 703.447 Ha, sin

embargo, no se encuentran registrados datos de empleo discriminados para el sector rural. El sector agropecuario es uno de los sectores con mayor importancia en la economía de Nariño y aporta un 14,1% del PIB regional. Las actividades priorizadas en el Departamento se encuentran se detallan en la Tabla 16.

No	Líneas productivas priorizadas	Unidades Productivas
1	Cacao	11.352
2	Café	50.364
3	Caña	12.468
4	Coco	5.700
5	Cuyicola	25.460
6	Fique	7.857
7	Láctea	42.782
8	Palma de aceite	652
9	Caña Panelera	43.651
10	Papa	22.460
11	Acuicultura y Pesca	1.122
12	Porcicultura	25.752
13	Hortofrutícolas	49.877
14	Plátano	27.701
15	Ovinos y Caprinos	1.743

Fuente: Plan de extensión agropecuaria PDEA Nariño 2020 – 2023

Tabla 16. Unidades productivas por cadenas priorizadas en el Departamento de Nariño.

Generación teórica de residuos de la industria agrícola y pecuaria

La actividad agrícola y agroindustrial genera residuos, comúnmente llamados lignocelulósicos, debido a que su composición principal esta conformada por celulosa, hemicelulosa y lignina. Estos residuos pueden ser aprovechados para la producción de biogás a través de procesos de biodigestión y fermentación anaerobia.

Con base en el PDEA 2019 del departamento de Nariño, se tomó el inventario de producción agrícola y pecuario para cada subregión del departamento. Se extrajo la información agrícola por subregión, cuyo resumen se reporta en la Tabla 17, se resalta la producción de papa, caña panelera, frijol y arveja y banano y plátano. En la Figura 51, se presenta información sobre la cantidad de biomasa derivada de las actividades agrícolas.

Subregión	Arroz	Yuca	Maíz	Papa	Hortalizas	Frutas	Quínoa, Frijol y arveja	Banano y plátano	Limón	Caña Panelera	Zanahoria	Tomate	Cebolla cabezona
Sanquianga	1.970	155	0	0	0	0	0	0					
Pacífico Sur	403	820		0	0	0	0	0					
Telembí	521	518		0	0	0	0	0					
Pie de Monte		141		1.331	0	0	0	0					
Exp. Obando		254		298.598	22.584	0	69.064	0			3.057		8.102
Sabana		254		185.061	0	0	0	0			33.284	2.280	
Abades				5.821	0	0	0	5.040		7.752			
Guambuyaco		1.514	2.657	0	0	2.312	0	9.078		8.860		7.000	
Occidente		881	2.848	0	0	0	2.457	11.572		85.006		3.594	
Coordillera			1.213	0	0	0	0	1.270	7.444	1.014			
Centro				134.897	0	0	0	5.966		3.225			
Juanambú				0	4.686	0	2.000	19.380				12.500	4.950
Río Mayo				0	0	0	0	12.301				22.790	
Total	2.894	4.537	6.717	625.708	27.270	2.312	73.521	64.607	7.444	105.857	36.341	48.164	13.052

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 17. Producción agrícola representativa en las 13 subregiones del departamento de Nariño

Paralelo a la producción de residuos agrícolas, en diferentes unidades productiva (fincas o terrenos de familias campesinas), se cuenta con cría de animales. En el departamento predomina la cría y reproducción de cerdos y gallinas. Para efectos de proyecciones de producción de biogás, en este documento se tomó únicamente en cuenta la producción

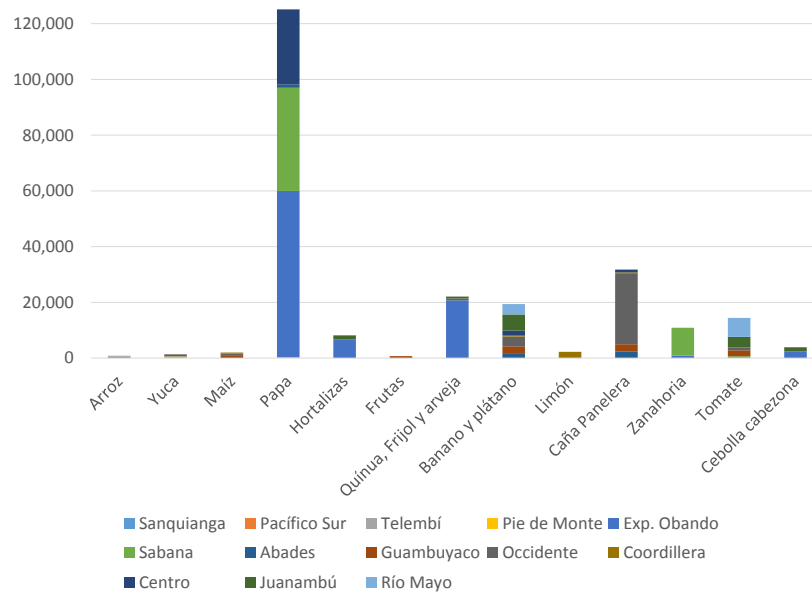


Figura 51. Producción de biomasa agrícola por año (ton/año).

porcina y sus excretas, considerando el Censo Pecuario del ICA con información reportada en 2022 [22]. En la Tabla 18, se encuentran los valores reportados de unidades porcinas y la generación de excretas por municipio. En esta tabla se muestran los datos de actividad porcina en la clasificación de producción en traspatio y comercial familiar.

Municipio	Traspatio				Comercial Familiar			
	Total cerdos	Total predios	Cerdos por predio	Estiércol pecuario producido (Ton/año)	Total cerdos	Total predios	Cerdos por predio	Estiércol pecuario producido (Ton/año)
PASTO	3.839	471	8	1.198	5.166	131	39	1.612
IPIALES	2.818	300	9	879	4.122	104	40	1.286
TUQUERRES	2.810	376	7	877	2.272	69	33	709
OSPINA	2.001	255	8	624	900	26	35	281
LA FLORIDA	1.930	186	10	602	2.667	56	48	832
ILES	1.146	129	9	358	603	22	27	188
GUAITARILLA	1.078	129	8	336	935	28	33	292
SAPUYES	1.066	102	10	333	1.115	33	34	348
CORDOBA	1.063	97	11	332	1.686	51	33	526
CUMBAL	1.015	134	8	317	816	18	45	255
TANGUA	951	173	5	297	435	13	33	136
EL TAMBO	765	67	11	239	3.095	90	34	966
YACUANQUER	715	110	7	223	296	10	30	92
GUACHUCAL	633	97	7	197	1.528	36	42	477
CONSACA	610	70	9	190	1.857	43	43	579
SANDONA	588	55	11	183	2.615	77	34	816
SAN ANDRES DE TUMACO	570	43	13	178	3.639	107	34	1.135
BUESACO	524	84	6	163	685	16	43	214
IMUES	523	60	9	163	399	12	33	124
PUPIALES	511	48	11	159	2.670	59	45	833
CUASPUD	471	84	6	147	223	6	37	70
LA CRUZ	430	93	5	134	320	8	40	100
LA UNION	429	58	7	134	1.041	22	47	325
RICAUARTE	429	43	10	134	2.193	61	36	684
ARBOLEDA	416	71	6	130	458	11	42	143
ANCUYA	407	51	8	127	775	18	43	242
LINARES	370	35	11	115	1.651	43	38	515
MALLAMA	344	38	9	107	853	26	33	266

Sigue en la página siguiente.

Municipio	Traspatio				Comercial Familiar			
	Total cerdos	Total predios	Cerdos por predio	Estiércol pecuario producido (Ton/año)	Total cerdos	Total predios	Cerdos por predio	Estiércol pecuario producido (Ton/año)
POTOSI	335	42	8	105	285	9	32	89
EL PEÑOL	321	37	9	100	934	25	37	291
CONTADERO	318	57	6	99	679	17	40	212
COLON	307	38	8	96	1.372	25	55	428
TAMINANGO	302	49	6	94	531	14	38	166
SAMANIEGO	299	36	8	93	590	19	31	184
FUNES	288	50	6	90	330	8	41	103
SAN LORENZO	287	37	8	90	684	15	46	213
SAN BERNARDO	281	43	7	88	262	7	37	82
EL TABLON DE GOMEZ	268	52	5	84	930	19	49	290
POLICARPA	260	28	9	81	918	26	35	286
SAN PABLO	259	33	8	81	485	10	49	151
SANTACRUZ	254	44	6	79	115	4	29	36
PROVIDENCIA	235	32	7	73	46	2	23	14
PUERRES	229	34	7	71	294	6	49	92
GUALMATAN	223	24	9	70	107	3	36	33
FRANCISCO PIZARRO	204	10	20	64	0	0	0	0
SAN PEDRO DE CARTAGO	199	27	7	62	100	3	33	31
ALDANA	192	30	6	60	252	7	36	79
MOSQUERA	184	12	15	57	0	0	0	0
BELEN	178	23	8	56	51	2	26	16
OLAYA HERRERA	178	11	16	56	0	0	0	0
LA TOLA	159	12	13	50	0	0	0	0
NARINO	146	16	9	46	882	24	37	275
LEIVA	113	13	9	35	21	1	21	7
EL CHARCO	112	9	12	35	0	0	0	0
EL ROSARIO	96	18	5	30	51	2	26	16
ALBAN	81	12	7	25	756	16	47	236
BARBACOAS	77	8	10	24	512	14	37	160
CUMBITARA	69	15	5	22	122	3	41	38
MAGUI	58	11	5	18	0	0	0	0
SANTA BARBARA	39	35	1	12	0	0	0	0
LOS ANDES	33	5	7	10	155	6	26	48
CHACHAGUI	25	2	13	8	1.102	22	50	344
LA LLANADA	14	1	14	4	180	7	26	56
ROBERTO PAYAN	0	13	0	0	0	0	0	0
TOTAL	35.075	4.378	538	10.943	57.761	1.512	2.086	18.021

Fuente: elaboración propia con base en información Censo Pecuario 2022, [22].

Tabla 18. Unidades porcinas y generación de estiércol porcino en el Departamento de Nariño.

En el caso de la producción de animales de traspatio, consiste en la cría y manejo de animales, en espacios conocidos como solares o huertos familiares, los cuales son áreas aledañas a las viviendas con poca infraestructura y pequeña producción (ICA), propia de las viviendas rurales dispersas, con número promedio de animales por predio de 8. En la segunda clasificación denominada familiar comercial, el número de animales por predio asciende a 32 y podría dar soporte a iniciativas de producción de biogás más colectivas o comunitarias.

Con base en la generación de residuos, se planteó un modelo teórico, extraído de la literatura, con el fin de proyectar el potencial de producción de gas metano en metros cúbicos y tera julios.

Generación teórica de biogás a partir de residuos agropecuarios

La producción teórica potencial de biogás se determinó a partir de la Ecuación (3).

$$TPB \left[\frac{m^3}{año} \right] = TE \left[\frac{kg}{año} \right] \cdot TS \cdot AC \cdot BY \left[\frac{m^3}{kgTS} \right] \quad (3)$$

donde,

TPB: Total potencial de biogás.

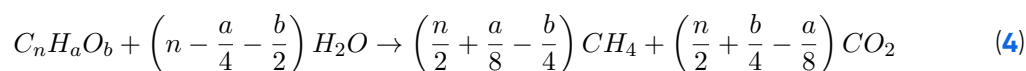
TE: Total Estiércol.

TS: Total sólidos en estiércol.

AC: Coeficiente de disponibilidad.

BY: Rendimiento de biogás

La generación de biogás a partir de material lignocelulósico sigue las etapas descritas previamente. De esta forma, se tomaron los principales cultivos reportados, para cada subregión y se determinó el potencial de biogás que se podría producir a partir de la Ecuación 4.



donde,

Donde: *n*, *a* y *b*, son los coeficientes estequiométricos de la biomasa, obtenidos mediante un análisis elemental. Con el fin de desarrollar la estimación teórica, en este documento, se tomaron datos de referencias bibliográficas.

A partir de los modelos planteados, se determinó el potencial de producción de biogás por subregión en el departamento. En la Figura 52 se presenta un resumen del potencial de producción de metano en m³, a partir de residuos agrícolas y pecuarios en cada una de las subregiones de Nariño.

Se encontró que las principales regiones potenciales para la producción de biogás son la Exprovincia de Obando, Sabana, Occidente y Centro, donde el principal insumo son la biomasa agrícola derivada de los principales cultivos que se dan en el departamento como lo son papa, caña panelera y plátano, tomate de mesa, limón, lulo, entre otros como se observa en la Tabla 19. En el tema pecuario resaltan las subregiones de Centro y Sabana. Sin embargo, se considera la producción de biogás a partir de residuos pecuarios derivados de las unidades porcinas, con mayor viabilidad a corto y mediano plazo como alternativa para la sustitución de la Leña y otros CIAC.

Biomasa	(%) de residuos generados	C	H	N	O
Arroz	35	37,8	5,81	0,62	41
Yuca	30	46,64	5,79	0,95	43,75
Maíz	30	48,3	6,3	0,8	40
Papa	20	43,85	5,8	3,52	46,83
Papa Amarilla	20	43,85	5,8	3,52	46,83
Caña	30	48,5	5,97	0,2	38,8
Plátano/Banano	25	46,64	5,79	0,95	43,75

Fuente: [21, 28, 30, 51].

Tabla 19. Análisis último de diferentes tipos de biomasa.

En la Figura 53, se presenta la distribución del potencial de producción de energía a partir de biogás de origen en los residuos pecuarios, resaltando el mayor potencial en municipios como Ipiales, Tumaco, Pasto, Túquerres, Ospina y la Florida.

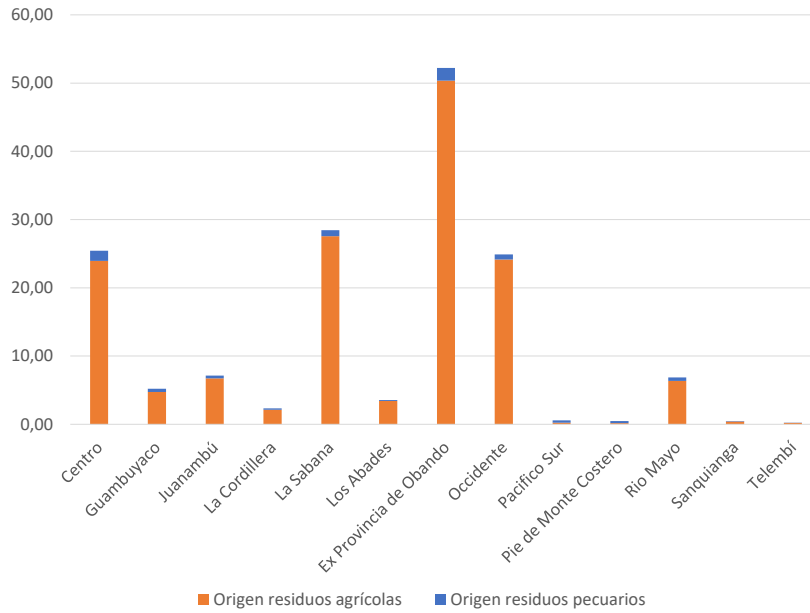


Figura 52. Potencial para generación de energía de residuos agrícolas en el departamento de Nariño, discriminado por subregiones. Fuente: Elaboración propia.

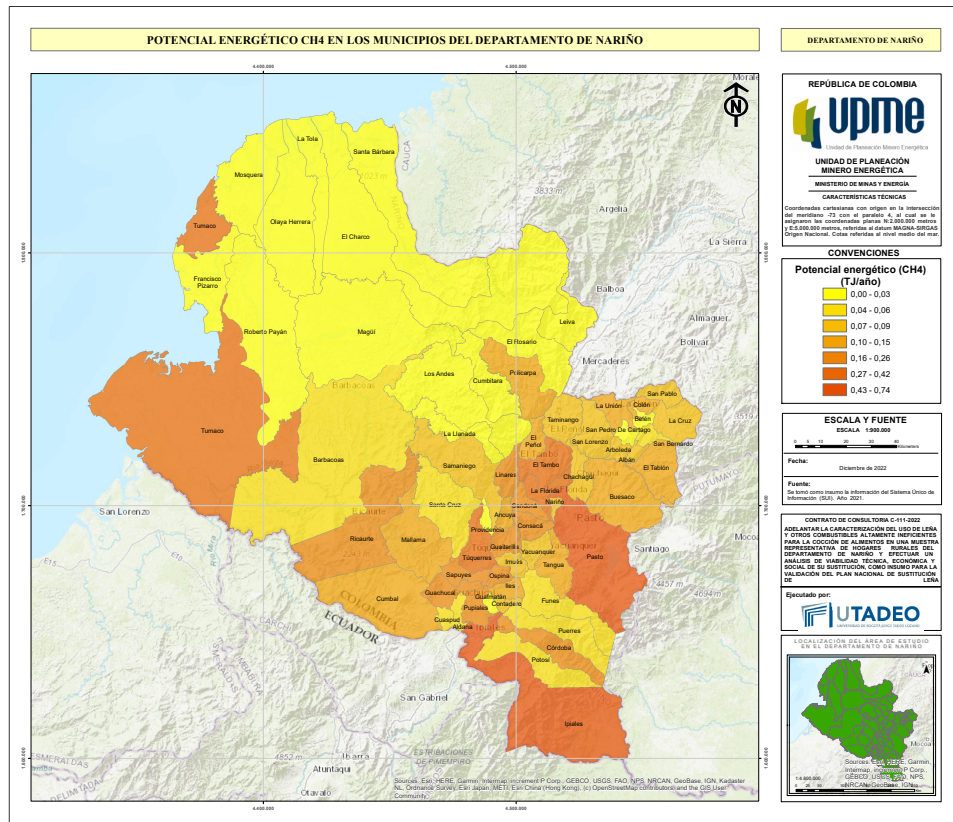


Figura 53. Producción teórica de biogás a partir de residuos agropecuarios ($m^3/año$). Fuente: Elaboración propia.

5 Evaluación de alternativas para la sustitución de leña en Nariño

5.1 Descripción de la metodología AHP

El uso de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process, por sus siglas en inglés), desarrollada por Thomas L Saaty en 1980 [39], es un método basado en la formulación de una estructura jerárquica que se utiliza para tomar decisiones complejas reduciendo la subjetividad que pueda incluir el decisor; el método clasifica las opciones o soluciones a un problema dado, mediante una evaluación según diferentes criterios y bajo un sistema de ponderación definido. Los pesos se definen mediante una comparación por pares, simplificando el proceso de selección. En la metodología AHP, los problemas se modelan como jerarquías.

Una vez que las alternativas son conocidas y los criterios han sido definidos se requiere definir la importancia relativa de cada criterio, esta calificación viene dada del concepto obtenido de los grupos de trabajo, para validar la metodología en este estudio se utilizaron dos grupos focales.

Para la aplicación de encuestas se determinó la escala de preferencias que se muestra en la Tabla 20.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación
Extremadamente importante	5
Muy importante	4
Más importante	3
Ligeramente más importante	2
Ligeramente importante	1
La misma importancia	0

Fuente: Equipo consultor adaptado de [39].

Tabla 20. Clasificación de los criterios.

5.2 Alternativas, dimensiones y criterios

Para los fines del presente estudio los expertos escogieron aquellas alternativas que funcionalmente y frente al usuario, prestan un servicio similar, unas funcionalidades homologables y unas características deseables en cuenta a condiciones técnicas, eficiencia y diseño; los cuales fueron: GLP pipeta, GLP red, biogás, estufa eléctrica, estufa de inducción eléctrica. Para el estudio, el modelo AHP está conformado por dos (2) niveles jerárquicos, como se observa en la Figura 54.

Para la definición de las dimensiones y la selección de los criterios, el estudio se basó en la identificación de las diferentes variables que impactan al momento de seleccionar una alternativa de sustitución de leña. Las dimensiones y criterio identificados son:

Dimensión Técnico sectoriales

Esta dimensión hace referencia a los aspectos relacionados con las características técnicas de las diferentes tecnologías. Los criterios que conforman esta dimensión son:

- C1: Cobertura actual o proyectada y continuidad
- C2: Densidad de viviendas ocupadas por kilómetro cuadrado (km²)
- C3: Complejidad de la tecnología (Dificultad o complejidad en la instalación, operación, mantenimiento).
- C4: Eficiencia Térmica en la cocción.

Dimensión Económica

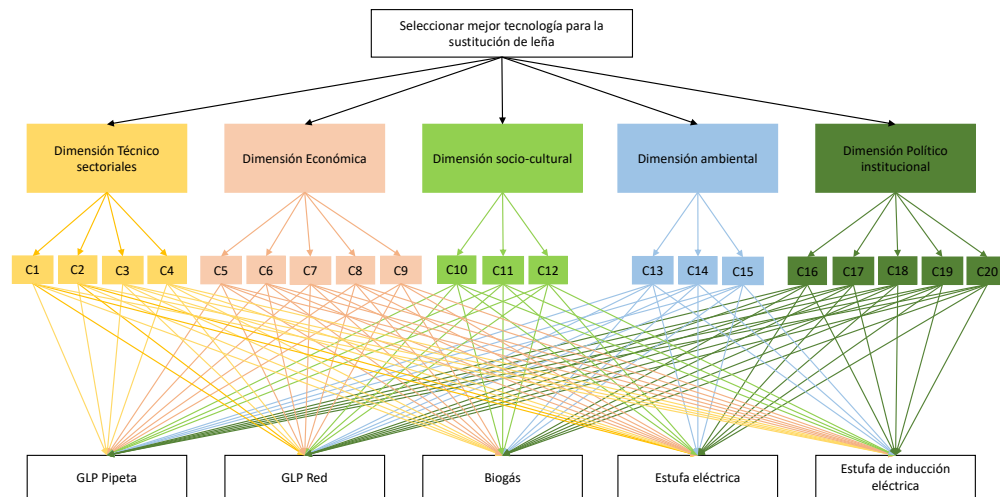


Figura 54. Modelo de Jerarquía planteado. Fuente: Elaboración propia.

Esta dimensión hace relación a la percepción sobre los factores que impactan las inversiones de implementación, mantenimiento y costo mensual de las diferentes tecnologías, entre otros. Los criterios identificados son:

- C5: Costos de la estufa para la alternativa
- C6: Costo mensual del energético.
- C7: Subsidios al energético.
- C8: kWh vivienda que se puede comprar.
- C9: Costos operativos de la alternativa.

Dimensión socio-cultural

Esta dimensión hace referencia a los factores sociales y culturales que pueden influir a la hora de seleccionar una determinada tecnología. Los criterios identificados son:

- C10: Escala de apropiación de la tecnología.
- C11: Cultura de pago o disposición a pagar.
- C12: Nivel de mejora en la calidad de vida.

Dimensión ambiental

Esta dimensión hace referencia a los factores externos o ambientales al individuo y capaces de influir en la experiencia. Los criterios identificados son:

- C13: Reducción de Emisiones Atmosféricas.
- C14: Ventajas Ambientales o economía Circular.
- C15: Riesgo de Contaminación intramural.

Dimensión Político institucional

Esta dimensión hace referencia a los factores relacionados con todas las leyes, políticas, tratados o condiciones del territorio que pueden influir en la sustitución de leña. Los criterios identificados son:

- C16: Acceso a Fuentes para la financiación de los proyectos.
- C17: Índice de desempeño Fiscal.
- C18: Identificación de regulación local en temas de Protección ambiental que incluyan en el uso de CIAC.
- C19: Índice de necesidades básicas insatisfechas.
- C20: Presencia de Conflicto Social.

De acuerdo a la metodología AHP para identificar en el modelo propuesto el peso de las dimensiones y de los criterios en la selección de la mejor alternativa en el proceso de sustitución de leña.

5.3 Ponderación de dimensiones y criterios

Una vez recogidas las valoraciones efectuadas por los grupos focales (grupo de actores estratégicos, Taller multiactor y grupo de expertos), se procedió al traslado de los datos en una hoja de cálculo. Una vez agregados los juicios y con objeto de priorizar los factores críticos, (de acuerdo con lo establecido en el AHP), se construye para cada criterio la correspondiente matriz recíproca para la comparación pareada de juicios.

A partir de los vectores de prioridad obtenidos para cada criterio, se obtienen las ponderaciones de las dimensiones (Tabla 21) y los criterios (Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24, Tabla 25 y Tabla 26).

Dimensiones	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Dimensión Técnico sectoriales	15.3 %	31.5 %
Dimensión Económica	22.4 %	27.0 %
Dimensión socio-cultural	19.6 %	18.0 %
Dimensión ambiental	29.1 %	13.5 %
Dimensión Político institucional	13.6 %	10.0 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 21. Ponderación de las dimensiones generadas por los dos grupos focales.

Criterios de la Dimensión Técnico sectoriales	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Cobertura actual o proyectada y continuidad	22.4 %	26.0 %
Densidad de viviendas ocupadas por kilómetro cuadrado (km ²)	21.1 %	25.0 %
Complejidad de la tecnología (Dificultad o complejidad en la instalación, operación, mantenimiento)	27.9 %	19.0 %
Eficiencia térmica en los dispositivos de cocción	28.6 %	30.0 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 22. Ponderación de los criterios de la dimensión Técnico sectoriales generadas por los dos grupos focales.

Criterios de la Dimensión económica	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Costos internos de instalación	8.4 %	12.0 %
Costo mensual del energético	24.2 %	27.0 %
Subsidios al energético	30.2 %	20.0 %
Energía que puede comprar cada hogar por mes	26.6 %	30.0 %
Costos operativos de la alternativa.	10.7 %	11.0 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 23. Ponderación de los criterios de la dimensión Económica generadas por los dos grupos focales.

Criterios de la Dimensión socio-cultural	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Escala de apropiación de la tecnología.	33.3 %	40.0 %
Cultura de pago o disposición a pagar.	38.1 %	33.0 %
Nivel de mejora en la calidad de vida.	28.6 %	27.0 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 24. Ponderación de los criterios de la dimensión socio-cultural generadas por los dos grupos focales.

Criterios de la Dimensión ambiental	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Reducción de Emisiones Atmosféricas	29.2 %	29.0 %
Ventajas ambientales adicionales de la tecnología	34.3 %	34.0 %
Riesgo de Contaminación intramural	36.5 %	37.0 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 25. Ponderación de los criterios de la dimensión ambiental generadas por los dos grupos focales.

Criterios de la Dimensión Político institucional	Grupo focal de actores implicados en la región	Grupo de expertos en energía
Índice de desempeño Fiscal	30.06 %	33.33 %
Índice de Necesidades Básicas insatisfechas	36.37 %	33.33 %
Presencia de Conflicto Social	33.17 %	33.33 %
TOTAL	100 %	100 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 26. Ponderación de los criterios de la dimensión Político institucional generadas por los dos grupos focales.

5.4 Aplicación de la metodología AHP para evaluar las alternativas de Sustitución de leña en el departamento de Nariño

Posterior a la definición de las ponderaciones se procedió a evaluar cada uno de los criterios de las alternativas estudiadas de los 16 municipios del estudio, considerando el nivel de favorabilidad del criterio sobre la implementación de cada una de las alternativas. Mayor detalle de la definición y evaluación de los criterios se pueden consultar en el Anexo 3.

Una vez se tiene parametrizado el modelo de aplicación de la metodología AHP, en donde están definidos las dimensiones, los criterios, los pesos de cada criterio y dimensión, la forma de priorizar cada criterio en el modelo y la información base de cada alternativa evaluada en cada municipio, se corre el modelo propuesto para escoger la alternativa más viable en cada municipio evaluado en el departamento de Nariño genera resultados que se presentan en la Tabla 27.

En la Tabla 27, se encuentra el resultado de la evaluación de las alternativas, se resalta en rojo la alternativa más viable en cada municipio.

Subregión	Municipio	GLP Pipeta	GLP Red	Biogás	EE Resistenc	EE Inducción
Occidente	Ancuya	3,18	3,25	2,96	2,75	2,86
Telembi	Barbacoas	3,35	3,06	2,92	2,78	2,89
Guambuyaco	El Peñol	3,09	3,21	2,68	2,95	3,06
Exprovincia de Obando	Gualmatán	3,09	3,25	2,87	2,84	2,95
Juanambú	La Unión	3,21	2,9	2,96	2,9	3,04
Pie de Monte	Mallama	3,48	2,7	2,89	2,9	3,04
Sanquianga	Mosquera	3,44	2,75	2,96	2,86	3
Centro	Nariño	3,15	3,18	2,91	2,83	2,94
Sabana	Ospina	3,09	3,25	2,87	2,84	2,95
Abades	Providencia	3,18	3,25	2,96	2,75	2,86
Río Mayo	San Pablo	3,21	2,82	2,88	2,97	3,12
Occidente	Sandoná	3,09	3,18	2,79	2,92	3,03
Cordillera	Taminango	3,21	2,9	2,8	2,97	3,12
Pacífico Sur	Tumaco	3,35	3,06	2,92	2,78	2,89
Sabana	Túquerres	3,09	3,29	2,76	2,87	2,98
Centro	Yacuanquer	3,18	3,18	2,88	2,83	2,94

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 27. Resultado de aplicación de la metodología AHP en la selección de la alternativa más viable en cada municipio.

Para el estudio de prefactibilidad se proponen dos (2) proyectos regionales en dos municipios del departamento de Nariño para sustitución de leña u otros combustibles ineficientes para la cocción de alimentos que de acuerdo a este resultado será en los municipios de Túquerres y Tumaco como los dos municipios que más consumen leña para cocción de alimentos en el departamento de Nariño como se presenta en la Tabla 28.

Municipio	Primera opción	Segunda opción	Tercera opción
Túquerres	GLP Red	GLP Pipeta	Estufa de inducción
Tumaco	GLP Pipeta	GLP Red	Biogás

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 28. Alternativas viabilizadas municipios Túquerres y Tumaco.

6 Estudios de prefactibilidad proyectos de sustitución de leña en los municipios de Túquerres y Tumaco

Con el resultado de la aplicación de la metodología AHP se puede evaluar la alternativa más viable en cada municipio teniendo en cuenta las características técnicas, económicas, sociales, ambientales y socioculturales reconociendo las diferencias propias del territorio y permitiendo escoger las mejores alternativas para implementar dentro del proceso de sustitución de leña para la cocción. Los proyectos propuestos se muestran a continuación.

6.1 Estudio de Prefactibilidad para la implementación de la expansión de la red de GLP, ampliación de uso de Pipeta y uso de estufas de inducción para la Sustitución de Leña para la cocción en el municipio de Túquerres en el Departamento de Nariño

De acuerdo a los resultados del modelo AHP para el municipio de Túquerres se propone evaluar la prefactibilidad de la implementación de las alternativas en la siguiente forma:

- La ampliación de la red de GLP actualmente instalada para ampliar su cobertura.
- La implementación de la masificación del uso del gas GLP en pipeta.
- La implementación del uso de estufas de inducción.

Para determinar la demanda de cada alternativa primer se calculó el requerimiento de cada alternativa de sustitución de leña para el municipio de Túquerres como se presenta en la Tabla 29.

Alternativa	Pipetas de 33 lb	m ³ de GLP por red	kWh estufa inducción
Túquerres	12.040	87407	1.615.280

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 29. Requerimientos Para La Sustitución Por Mes Por Municipio.

Para implementar estas alternativas como parte del Plan Nacional de Sustitución de leña se propone una distribución de los hogares que consumen leña en el municipio de Túquerres en las diferentes alternativas: 70 % de población beneficiada con la expansión de la red de GLP, 20 % de la población con uso constante de GLP por pipeta y 10 % de la población que use las estufas de inducción. El proyecto de ampliación de las redes de GLP podría beneficiar cerca de 2808 hogares, como se muestra en la Tabla 30.

Proyectos	Hogares que consumen leña	Primero (70 %) GLP Red	Segundo (20 %) GLP Pipeta	Tercero (10 %) Estufa de inducción
Población objetivo a beneficiar	4011	2808	802	401

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 30. Población beneficiada por la implementación de cada alternativa.

Para analizar la implementación de estas alternativas se realizan los análisis que se presentan en las siguientes subsecciones.

6.1.1 Análisis del entorno de Túquerres

En el análisis del entorno se determina la demanda de energía que se usa para la cocción de alimentos en el municipio de Túquerres y como la implementación de una expansión de la red de Gas GLP puede ayudar a mejorar las condiciones de la población y la disminución del consumo de leña para la cocción

Censo	Población Urbana	Población Rural Y Centros Poblados	Total Población
2005	16.489	24.716	41.205
2018	17.302	27.427	44.729
Diferencia	813	2.711	3.524
Incremento (%)	4,93 %	10,97 %	8,55 %

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 31. Análisis crecimiento de la población Túquerres 2005-2018.

6.1.2 Dimensión político institucional de Túquerres

Considerando que esta dimensión es propia del municipio, se hace el análisis de los criterios correspondientes. El índice de desempeño fiscal del municipio es de 56,05 % este índice indica que el municipio no tiene un buen desempeño de la gestión financiera de las entidades territoriales, razón por la cual los proyectos que se deseen implementar en el municipio tendrán un riesgo fiscal considerable. El índice de necesidades básicas insatisfechas (INB) del municipio es 15,18 % lo que indica que la mayoría de la población no se les cubre las necesidades básicas esto indica que en el municipio existe una gran población en situación de pobreza. Finalmente, el municipio de Tumaco sufre en un nivel medio por conflicto social esto podría afectar alternativas que puedan ser susceptibles de terrorismo.

6.1.3 Análisis de las alternativas propuestas

Alternativa 1 Redes de GLP

El municipio de Túquerres cuenta con red de GLP instalada, en el año 2022 reportó 2.368 usuarios conectados a la red y esto corresponde a una cobertura residencial efectiva del 15,41 % esta cobertura corresponde a área urbana más zonas rurales aledañas (MINENERGIA, 2022). Aunque la cobertura de las redes de GLP actualmente solo cubre usuarios de las cabeceras municipales son un buen punto de inicio para una futura expansión en las zonas rurales.

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

El municipio de Túquerres cuenta con red de GLP instalada, en el año 2022 reportó 2.368 usuarios conectados a la red y esto corresponde a una cobertura residencial efectiva del 15,41 % esta cobertura corresponde a área urbana más zonas rurales aledañas (MINENERGIA, 2022). Esta red instalada indica acceso a la alternativa y facilidad de expansión de la red a las zonas rurales, aunque actualmente la cobertura sea aún muy baja.

En la Tabla 32, se presenta información de los dos propanoductos instalados en el municipio de Túquerres y en el Corregimiento de Santander, en el que se evidencia que hay capacidad instalada no utilizada aún, para cubrir 4.212 usuarios.

Municipio	Número de Usuarios	Kilómetros de red	Capacidad de Almacenamiento (galones)	Número usuarios a atender con recarga cada 20 días	Capacidad no usada
Túquerres	2147	112,69	22390	5600	3453
Santander (corregimiento)	241		4000	1000	759
Totales	2388	112,69	26390	6600	4212

Fuente: INS ESP.

Tabla 32. Estado actual GLP red en Túquerres.

Por otro lado, Túquerres es un municipio con una densidad de 34 viviendas rurales por kilómetro cuadrado esto significa que existe una alta cantidad de viviendas rurales y estas se encuentran a pequeñas distancias entre ellas, lo que influye positivamente en soluciones energéticas que requieren de asociatividad. Las redes de GLP se valoran con un nivel de complejidad operativa bajo, debido a que el energético llega directamente al hogar y la

tecnología no requiere de estufas costosas o menaje de cocina especial para funcionar, finalmente las estufas que trabajan con GLP presentan una eficiencia térmica del 45 % como lo reporta [3], siendo así la más alta eficiencia térmica de las estufas que emplean mecanismos de combustión para su funcionamiento.

La dinámica observada en el municipio de Túquerres corresponde a una alta densidad de construcciones. El municipio de Túquerres actualmente cuenta con 2 propanoductos para atender la zona urbana de la cabecera municipal y el centro poblado Santander, estos propanoductos corresponden a la empresa INS (Ingeniería y Servicios S.A. E.S.P). A continuación, se presenta la salida gráfica que permite visualizar los puntos donde se encuentran ubicados los propanoductos de INS, para cada propanoducto se calcula su posible influencia a 1 km, 3km, 5km, 7km, y 10km para el caso del propanoducto de Túquerres, como se muestra en la Figura 56.

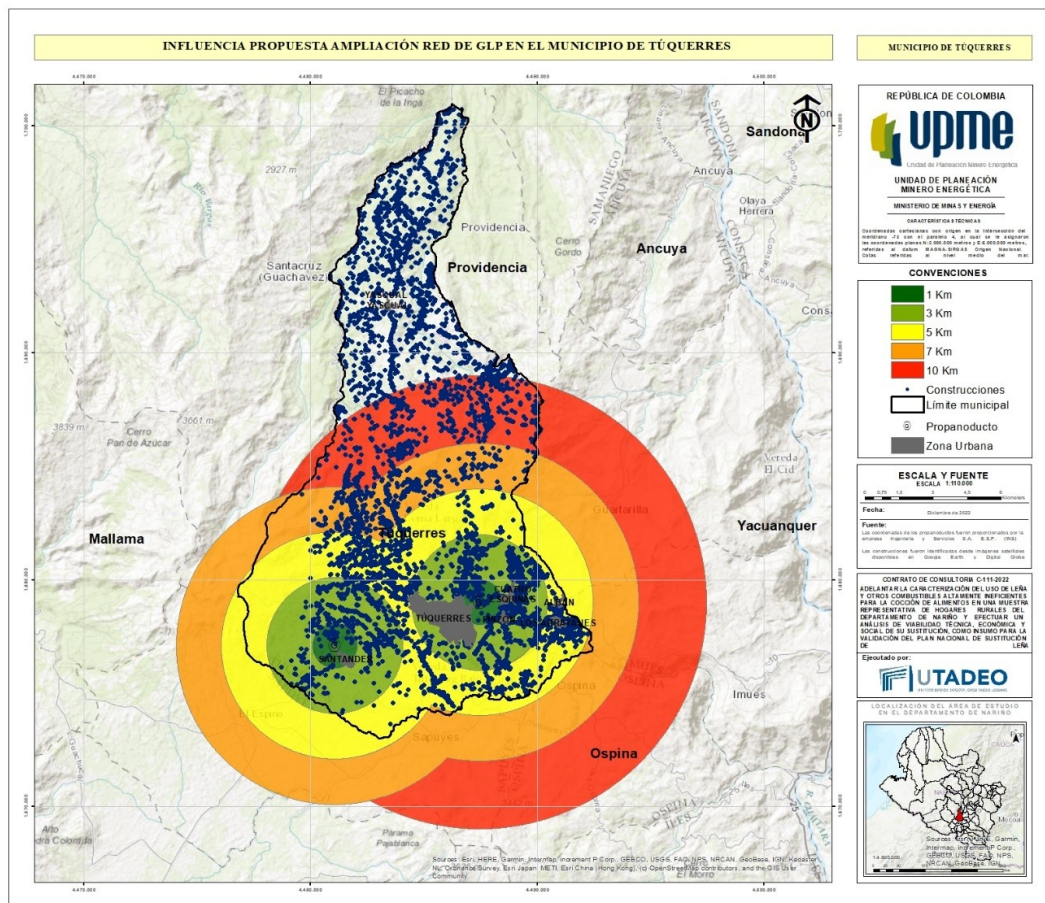


Figura 56. Buffer propuesto para propanoductos GLP en Túquerres, Ospina y Providencia. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 33 se presenta la información de las construcciones impactadas para el municipio de Túquerres en cada área de influencia de los propanoductos que actualmente maneja la empresa INS, y que podrían extenderse para lograr una cobertura a las zonas rurales.

Con las áreas de influencia propuestas se alcanzan a impactar 4893 construcciones de las 6515 construcciones identificadas en un área de 163,80 km². Este análisis se realiza considerando el levantamiento de información de construcciones realizada en este proyecto de consultoría, ya que no se cuenta con la ubicación de las viviendas rurales; sin embargo

Ronda	Número de construcciones	Porcentaje de construcciones	Área	Densidad construcciones / km ²
Buffer 1Km (Túquerres)	176	2.70 %	3.14	56.02
Buffer 1Km (Santander)	73	1.12 %	3.14	23.23
Buffer 3Km (Túquerres)	1335	20.49 %	25.13	53.12
Buffer 3Km (Santander)	591	9.07 %	23.91	24.71
Buffer 5Km	1411	21.66 %	53.89	26.18
Buffer 7Km	564	8.66 %	24.74	22.80
Buffer 10Km (Túquerres)	743	11.40 %	29.85	24.89
Total Municipio	6515		216.515	

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 33. Construcciones en los rangos de distancia del municipio de Túquerres.

una alta densidad de construcciones puede indicar una alta densidad de viviendas rurales ocupadas en las zonas de influencia de los propanoductos, alcanzando el número de beneficiarios propuesto para esta alternativa.

Análisis dimensión social

Para Túquerres la escala de apropiación de uso de GLP es alta, debido a que es una "tecnología" que ya viene en uso, existen diferentes empresas prestando el servicio, por lo que la comunidad conoce de su uso y beneficios. Dentro del componente social, se indagó adicionalmente sobre la actividad sobre la cual los hogares sustentan sus ingresos y calidad de vida. Se encontró que en el municipio de Túquerres el 43,8 % de las personas se dedican a actividades pecuarias, un 50 % a actividades como jornaleros, el restante 6,3 % se dedican a actividades comerciales, empleados o reciben subsidios como el de adulto mayor. Estas actividades favorecen la disponibilidad para la sustitución de la leña, de hecho, Túquerres se caracteriza por una buena cultura de pago, que puede repercutir en una apropiación de la tecnología de forma directa por parte de las personas que deseen involucrarse en el proceso. Adicionalmente, en Túquerres el 64,5 % cuentan con casa propia. Este indicador es muy importante, ya que es una medida directa de la capacidad de pago que tienen los hogares disponibles para la instalación de diferentes alternativas a las tradicionales, ya que no gastan mensualmente en servicios de arriendo.

Análisis dimensión ambiental

Las características ambientales de esta alternativa destacan que mejora una eficiencia térmica en comparación con el uso de leña que es del 15 % y la del GLP es de un 45 %, esto se ve directamente reflejado en la cantidad de energía que se necesita para cocinar algún producto es más eficiente, esto ayuda a disminuir las emisiones atmosféricas, y a disminuir la cantidad de material particulado en la zona de cocción.

Alternativa 2 Pipetas de GLP

En el municipio de Túquerres se registran 5 empresas distribuidoras de la alternativa estas son Norte Santandereana de Gas S.A., SuperGas de Nariño S.A., Montagas S.A., Inversiones GLP S.A.S. y Chilco Distribuidora de Gas y Energía. En el SUI se reportan un total de 10.355 cilindros vendidos en la ventana de tiempo julio de 2020 a junio de 2021, como se muestra en la Tabla 34.

Municipio	Cilindro de 100 libras	Cilindro de 15 libras	Cilindro de 20 libras	Cilindro de 30 libras	Cilindro de 40 libras
Túquerres	170			9.552	633

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 34. Cilindros vendidos en Túquerres.

En la Tabla 34 anterior se puede evidenciar que los cilindros de capacidades de 40 y 30 libras son los más comprados por la población, esto indica que los cilindros de GLP son una alternativa accesible en el municipio.

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

El municipio de Túquerres cuenta con 29 % de viviendas que consumen cilindros de GLP como energético principal pero también hay un porcentaje del 60 % que lo emplean como opción secundaria esta información se obtuvo de las encuestas de información primaria, esto indica que la alternativa cilindros de GLP cuenta con una accesibilidad considerable en el municipio con un porcentaje de viviendas que consumen el energético de aproximadamente 90 %. Túquerres es un municipio con una densidad de 34 viviendas rurales por kilómetro cuadrado esto significa que existe una alta cantidad de viviendas rurales y estas se encuentran pequeñas distancias entre ellas, lo que influye negativamente en soluciones energéticas individuales. La alternativa se valoró con una complejidad media debido a que el usuario debe ponerse en contacto con el distribuidor del energético para adquirirlo, ya sea entrega a domicilio o retiro en punto de venta, esta última metodología obliga a transportar el cilindro desde el punto de venta hasta la vivienda por medios de transporte convencionales o tradicionales, finalmente las estufas que trabajan con GLP presentan una eficiencia térmica del 45 % como lo reporta [3], siendo así la más alta eficiencia térmica de las estufas que emplean mecanismos de combustión para su funcionamiento.

Análisis dimensión económica de la alternativa

Para la alternativa cilindros de GLP el costo de la estufa es de aproximadamente 130.000 COP siendo una estufa económica. El costo mensual del kilovatio hora para el municipio de Túquerres es de 286.86\$/kWh este dato se obtuvo de datos de ventas reportados en el SUI, este costo es bajo en comparación con otras alternativas lo que hace el energético muy accesible. En cuanto a subsidios este energético es uno de los menos favorecidos por las políticas gubernamentales puesto a que actualmente solo se subsidia aproximadamente el 24 % de su valor para las viviendas de estratificación más bajas de acuerdo con lo establecido por el Decreto 2195 de 2013 y la Ley 2128 de 2021, este criterio es el que afecta de forma negativa a la alternativa. En el municipio una vivienda puede acceder en promedio a 140kWh de energía por mes generada por este energético, este cálculo se realizó con base en el dinero gastado en promedio por vivienda en energía para la cocción calculado de información del SUI y el costo promedio mensual del energético en el municipio. A la tecnología cilindros de GLP se le asignó una calificación de costo operativo medio debido a que se debe hacer una inversión extra en manguera y válvula para operar la tecnología, adicional al tiempo gastado por un usuario para adquirir el energético ya sea a domicilio o punto de venta fijo.

Análisis dimensión social

De acuerdo con la información recolectada mediante el instrumento diseñado para esta consultoría y aplicado en campo, se encontraron los siguientes comportamientos sociales, los cuales permiten trazar una metodología para el análisis de implementación alternativas de energía eficientes en Túquerres, se obtuvo que en Túquerres el 94 % de las personas tienen disponibilidad a cambiar su fuente de energía (Leña) a GLP, mientras que el 6 % restante no, dese a continuar con el uso de leña De acuerdo con los datos reportados, se puede ver que el cambio hacia un combustible más eficiente se da hacia el GLP, esto se debe principalmente a dos factores:

1. El precio del cilindro para las personas de estas localidades es relativamente económico, ya que la mayoría son estrato socioeconómico 1, lo cual permite acceder a beneficios de descuento en la compra de la pipeta de cilindro de 33 lb.
2. La población está más familiarizada con el uso de GLP y no requiere un esfuerzo adicional para su uso.

Análisis dimensión ambiental

Dentro de las ventajas ambientales del GLP en pipeta para su implementación masiva tiene entre otras la combustión del GLP es baja en carbono, su uso mejora la calidad del aire, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, no emite partículas de hollín, incidiendo de manera inmediata en favor del calentamiento global, Lo versátil y sustentable del GLP, le ha permitido ser una fuente de energía ideal para combinar con energías alternativas, como la eólica y solar. No genera derrames, en caso de fuga, el GLP no contamina el suelo, ni los acuíferos y se disipa homogéneamente en el ambiente y durante la combustión, el GLP genera menores emisiones de CO₂ que el carbón, la gasolina y el diésel.

Alternativa 3 Estufas de inducción

El índice de cobertura de energía eléctrica para viviendas rurales en el municipio actualmente es del 100 % esto nos indica que cualquier alternativa que dependa de este energético es de gran accesibilidad para la población y podría implementarse.

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

El municipio de Túquerres cuenta con índice de cobertura de energía eléctrica rural del 100 % según lo reportado por la empresa CEDENAR, esto indica que toda la población del municipio cuenta con acceso al energético y la alta densidad rural del municipio 34 viviendas por kilómetro cuadrado influye de forma positiva la alta conectividad. La estufa de inducción se valora como una tecnología de complejidad media puesto a que esta requiere de un menaje especial ferromagnético para funcionar. En cuanto a la eficiencia energética este tipo de estufas se reporta que presentan un 70 %

Análisis dimensión social

Dentro del componente social, es importante resaltar que Túquerres de acuerdo al estudio Caracterización social y económica del departamento de Nariño. Análisis de información secundaria (PERS), el índice de ruralidad es de 37,17, lo cual representa que es "menos" rural que otros municipios. Esto repercute directamente en la disponibilidad de servicios con los cuales la comunidad podría tener buena disposición para la implementación de esta alternativa.

Análisis dimensión ambiental

Las ventajas ambientales de la Estufa de inducción eléctrica están asociadas a la tecnología más apropiada para cocción, ya que mejora la eficiencia del consumo de energía en un 70 % y reduce las emisiones de CO₂ con respecto al consumo de leña en un 91 % Siendo la tecnología más amigable con el ambiente, y además tienen una vida útil de uso muy largo por los componentes que maneja.

6.2 Estudio de Prefactibilidad para la implementación del aumento de uso de GLP por pipeta, expansión de la red de GLP, e implementación de soluciones individuales de generación de Biogás para la Sustitución de Leña para la cocción en el municipio de Tumaco en el Departamento de Nariño

De acuerdo con los resultados del modelo AHP para el municipio de Tumaco se propone evaluar la prefactibilidad de la implementación de las alternativas en la siguiente forma:

- Aumento de uso de GLP por Pipeta.
- La ampliación de la red de GLP actualmente instalada para ampliar su cobertura.
- La implementación de Soluciones individuales de generación de Biogás.

Para determinar la demanda de cada alternativa primero se calculó el requerimiento de combustible para la sustitución de consumo de leña para el municipio de Tumaco se presenta en la Tabla 35.

Alternativa	Pipetas de 33 lb	M ³ de GLP por red	M ³ de Biogás
Tumaco	9.849	71.503	420.438

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 35. Requerimientos Para La Sustitución Por Mes en el municipio de Tumaco.

Para implementar estas alternativas como parte del plan de sustitución nacional de leña se propone que de acuerdo a los hogares que consumen leña en el municipio de Tumaco se generó una combinación de alternativas que permita abarcar todos los hogares que consumen leña en el proceso de sustitución con un 45 % de población beneficiada con Aumento de uso de GLP por Pipeta, 45 % de la población con La ampliación de la red de GLP actualmente instalada para ampliar su cobertura y un 10 % de la población que utilice sistemas basados en Biogás, como se muestra en la Tabla 36.

Proyectos	Viviendas Que Consumen Leña	Primero (45 %) GLP Pipeta	Segundo (45 %) GLP Red	Tercero (10 %) (Biogás)
Viviendas objetivo a beneficiar	4.010	1.804,5	1.804,5	401

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 36. Población beneficiada por la implementación de cada alternativa.

Para analizar la implementación de estas alternativas se realizan los análisis que se describen a continuación.

6.2.1 Análisis del entorno de Tumaco

En el análisis del entorno se determina la demanda de energía que se usa para la cocción de alimentos en el municipio de Tumaco y como la implementación de una combinación de alternativas tecnológicas como el uso masivo del GLP, la instalación de las redes de abastecimiento de Gas GLP y la implementación de proyectos individuales de biogás puede ayudar a mejorar las condiciones de la población y la disminución del consumo de leña para la cocción en la región.

Contexto geográfico

De acuerdo con el plan de desarrollo "Enamórate de Tumaco 2020 - 2023" el distrito de Tumaco tiene una extensión de 3.778 km², que corresponde al 11,4 % de área del departamento de Nariño, siendo el segundo Municipio más extenso de país, acogiendo una diversidad de relieves que pasan desde el piedemonte costero, con su selva húmeda tropical, hasta la Llanura del Pacífico, caracterizada por esteros, ríos, quebradas, lagunas, humedales, guandales e islas, en las que predominan los manglares.

El Distrito limita, al norte con los municipios de Francisco Pizarro, Roberto Payán y Mosquera, sobre la zona de San Juan de la Costa; al oriente con el municipio de Barbacoas; al sur con la república de Ecuador, y al occidente con el océano Pacífico. Hace parte del Chocó Biogeográfico, una región en la que confluyen una gran variedad de ecosistemas, así como diferentes manifestaciones de la naturaleza; relativa frecuencia de sismos y tsunamis, actividad volcánica, lluvias torrenciales, los deslizamientos, la erosión, los cambios en los cauces de los ríos y en la línea de costa, y la influencia de fenómenos como la Niña y el de El Niño. En la Figura 57, se muestra la presencia de consejos comunitarios en Tumaco.

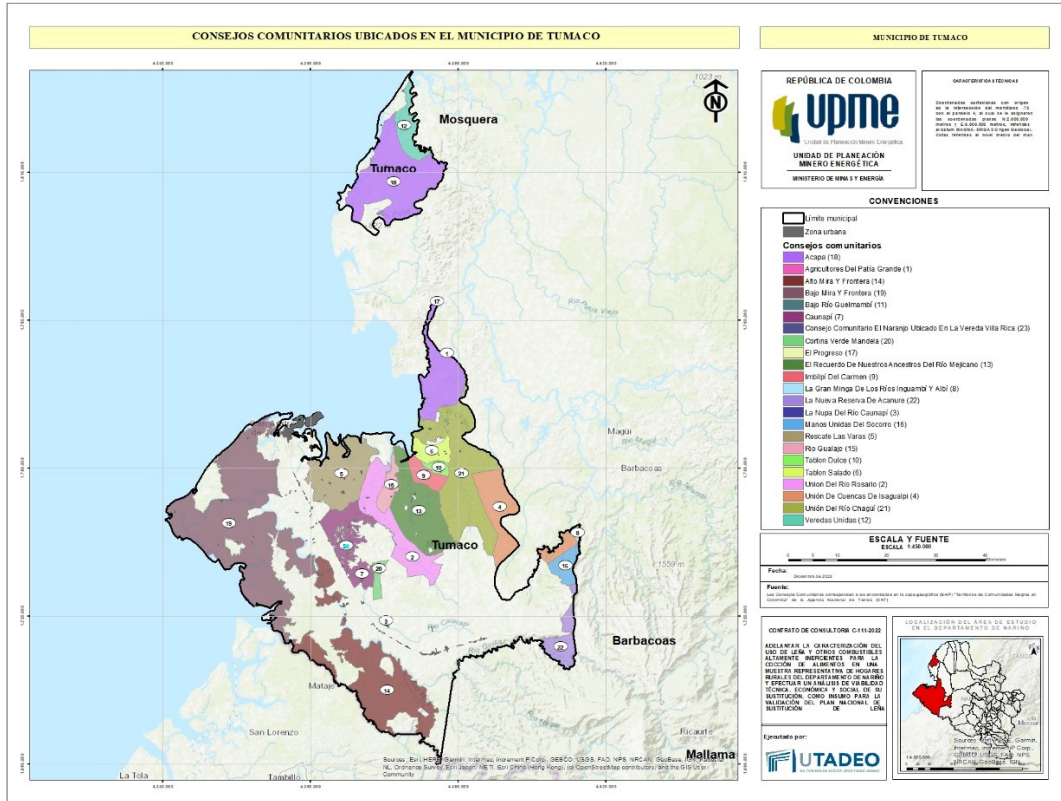


Figura 57. Consejos comunitarios en Tumaco. Fuente: Elaboración Propia.

Contexto Poblacional

Teniendo en cuenta los datos poblacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE y su último censo, la población proyectada para el año 2020 en el municipio de San Andrés de Tumaco es de 257.052 habitantes, como se muestra en la Tabla 37.

Municipio	Cabecera	Centros Poblados y Rural Disperso	Total
San Andrés de Tumaco	86.614	170.438	257.052

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 37. Información de San Andrés de Tumaco.

El plan de desarrollo Tiene en cuenta la participación de las personas que habitan la cabecera municipal, en comparación con las personas que habitan en la ruralidad, el territorio puede considerarse como medianamente urbanizado. Además, se proyecta una tendencia demográfica de disminución de población en el área rural y de crecimiento en el área urbana; esta situación implica el fortalecimiento de bienes y servicios públicos en la cabecera municipal. Asimismo, involucra la necesidad de generar incentivos para garantizar que la población no abandone el sector rural, dado que una de las vocaciones productivas que tiene el territorio es la agropecuaria.

De otra parte, según los datos poblacionales emitidos por el DANE, en San Andrés de Tumaco la situación demográfica se caracteriza por dos aspectos principales: i) la población que reside en áreas rurales presenta una importante participación demográfica (44,9 %); lo que puede ser un signo de que la migración en el Territorio todavía no ha generado un

quiebre definitivo entre lo urbano y lo rural; es decir, la migración hacia el centro urbano no alcanza a alterar la importancia de lo rural; ii) en la comparación entre hombres y mujeres, es visible una participación más o menos equitativa de ambos sexos en la población del Distrito, con una ligera mayoría de las mujeres en la zona urbana.

El Plan de Desarrollo Territorial se encuentra orientado hacia tres propósitos comunes: i) Orientación a la equidad, legalidad y emprendimiento; ii) Orientación a los objetivos de desarrollo sostenible; y iii) Orientación a "Mi Nariño – En defensa de lo nuestro Con base en esto, el puerto de Tumaco tiene diferentes proyectos de desarrollo de infraestructura, en términos de vías, mejoras del puerto entre otros. Adicionalmente se ha venido trabajando en mejorar los índices de cobertura de servicios básicos como saneamiento básico, energía eléctrica, gas, telefonía e internet.

De acuerdo con los datos recolectados por las encuestas desarrolladas, se obtuvo los siguientes aspectos sociales para Tumaco:

- No se cuenta con servicio de acueducto en los hogares encuestados.
- El 75 % de los encuestados tienen acceso a energía eléctrica.
- Únicamente el 9,6 % tienen acceso a acueducto y energía eléctrica.
- El 1,9 % tienen acceso a energía eléctrica e internet.

Con base en esto, proyectos de uso de energía eficiente y disponibilidad de la misma de forma masiva y económica para el puerto de Tumaco es vital para su desarrollo.

Dimensión político institucional de Tumaco

Considerando que esta dimensión es propia del municipio, se hace el análisis de los criterios correspondientes. El índice de desempeño fiscal del municipio es de 51,64 % este índice indica que el municipio no tiene un buen desempeño de la gestión financiera de las entidades territoriales, razón por la cual los proyectos que se deseen implementar en el municipio tendrán un riesgo fiscal considerable. El índice de necesidades básicas insatisfechas (INB) del municipio es 27,62 % lo que indica que la mayoría de la población no se les cubre las necesidades básicas esto indica que en el municipio existe una gran población en situación de pobreza. Finalmente, el municipio de Tumaco sufre en un nivel alto por conflicto social esto podría afectar alternativas que puedan ser susceptibles de terrorismo.

6.2.2 Análisis de las alternativas propuestas

Alternativa 1. Cilindros de GLP

En el municipio de Tumaco se registran 5 empresas distribuidoras de la alternativa estas son Norte Santandereana de Gas S.A., SuperGas de Nariño S.A., Montagas S.A., Inversiones GLP S.A.S. y Chilco Distribuidora de Gas y Energía. En el SUI se reportan un total de 53.370 cilindros vendidos en durante julio de 2020 a junio 2021 como se observa en la Tabla 38.

Municipio	Cilindro de 100 libras	Cilindro de 15 libras	Cilindro de 20 libras	Cilindro de 30 libras	Cilindro de 40 libras
San Andres De Tumaco	66	-	-	26.707	26.597

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 38. Cilindros vendidos en Tumaco por capacidad.

En la Tabla 38 se puede evidenciar que los cilindros de capacidades de 40 y 30 libras son los más comprados por la población, adicional la empresa MONTAGAS S.A. posee una planta envasadora con capacidad de 51.912 galones, esto indica que los cilindros de GLP son una alternativa accesible en el municipio.

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

El municipio de Tumaco cuenta con 63 % de viviendas que consumen cilindros de GLP como energético principal pero también hay un porcentaje del 6 % que lo emplean como opción secundaria esta información se obtuvo de las encuestas de información primaria, esto indica que la alternativa cilindros de GLP cuenta con una accesibilidad considerable en el municipio con un porcentaje de viviendas que consumen el energético de aproximadamente 69 %. Tumaco es un municipio con una densidad de 3,24 viviendas rurales por kilómetro cuadrado esto significa que existe una baja cantidad de viviendas rurales y estas se encuentran a grandes distancias entre ellas, lo que influye positivamente en soluciones energéticas individuales. La alternativa se valoró con una complejidad media debido a que el usuario debe ponerse en contacto con el distribuidor del energético para adquirirlo, ya sea entrega a domicilio o retiro en punto de venta, esta última metodología obliga a transportar el cilindro desde el punto de venta hasta la vivienda por medios de transporte convencionales o tradicionales, finalmente las estufas que trabajan con GLP presentan una eficiencia térmica del 45 % como lo reporta [3], siendo así la más alta eficiencia térmica de las estufas que emplean mecanismos de combustión para su funcionamiento.

Análisis dimensión económica de la alternativa

Para la alternativa cilindros de GLP el costo de la estufa es de aproximadamente 100.000 COP siendo la estufa más económica incluye la manguera y válvula de conexión. El costo mensual del kilovatio hora para el municipio de Tumaco es de 260.93\$/kWh este dato se obtuvo de datos de ventas reportados en el SUI, este costo es bajo en comparación con otras alternativas lo que hace el energético muy accesible. En cuanto a subsidios este energético es uno de los menos favorecidos por las políticas gubernamentales puesto a que actualmente solo se subsidia aproximadamente el 24 % de su valor para las viviendas de estratificación más bajas de acuerdo con lo establecido por el Decreto 2195 de 2013 y la Ley 2128 de 2021, este criterio es el que afecta de forma negativa a la alternativa. En el municipio una vivienda puede acceder en promedio a 134.4kWh de energía por mes generada por este energético, este cálculo se realizó con base en el dinero gastado en promedio por vivienda en energía para la cocción calculado de información del SUI y el costo promedio mensual del energético en el municipio. A la tecnología cilindros de GLP se le asignó una calificación de costo operativo medio debido a que se debe hacer una inversión extra en manguera y válvula para operar la tecnología, adicional al tiempo gastado por un usuario para adquirir el energético ya sea a domicilio o punto de venta fijo.

Análisis dimensión social

De acuerdo con la información recolectada mediante el instrumento diseñado para esta consultoría y aplicado en campo, se encontraron los siguientes comportamientos sociales, los cuales permiten trazar una metodología para el análisis de implementación de un sistema de energía más eficiencia como GLP o biogás en Tumaco. Cabe aclarar que en Tumaco el 75 % de las personas tienen disponibilidad a cambiar su fuente de energía (Leña) a GLP, mientras que el 25 % restante no, desea continuar con el uso de leña.

De acuerdo con los datos reportados, se puede ver que el cambio hacia un combustible más eficiente se da hacia el GLP, esto se debe principalmente a dos factores:

- El precio del cilindro para las personas de estas localidades es relativamente económico, ya que la mayoría son estrato socioeconómico 1, lo cual permite acceder a beneficios de descuento en la compra de la pipeta de cilindro de 33 lb.
- La población está más familiarizada con el uso de GLP y no requiere un esfuerzo adicional para su uso.

Para Tumaco la escala de apropiación de uso de GLP es alta, debido a que es una "tecnología" que ya viene en uso y hay al menos 5 empresas que prestan el servicio de

venta de GLP en cilindros lleva varios años en procesos de concientización, mercadeo y distribución constante de los cilindros de GLP.

Análisis dimensión ambiental

Dentro de las ventajas ambientales del GLP en pipeta para su implementación masiva tiene entre otras la combustión del GLP es baja en carbono, su uso mejora la calidad del aire, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, no emite partículas de hollín, incidiendo de manera inmediata en favor del calentamiento global, Lo versátil y sustentable del GLP, le ha permitido ser una fuente de energía ideal para combinar con energías alternativas, como la eólica y solar. No genera derrames, en caso de fuga, el GLP no contamina el suelo, ni los acuíferos y se disipa homogéneamente en el ambiente y durante la combustión, el GLP genera menores emisiones de CO₂ que el carbón, la gasolina y el diésel.

Alternativa 2 Redes de GLP

El municipio de Tumaco cuenta con red de GLP instalada, en el año 2022 reportó 1.501 usuarios conectados a la red y esto corresponde a una cobertura residencial efectiva del 5,41% esta cobertura se calculó basado en los datos de población catastral del IGAC (MINENERGIA, 2022).

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

Para la alternativa redes de GLP el costo de la estufa es de aproximadamente 130.000 COP siendo la segunda estufa más económica. El costo mensual del kilovatio hora para el municipio de Tumaco es de 344.18\$/kWh el costo del kilovatio hora del GLP por redes se calculó de los datos reportados en el boletín tarifario de gas combustible por redes del segundo trimestre del año 2022 de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, este costo es bajo en comparación con otras alternativas lo que hace el energético muy accesible. En cuanto a subsidios este energético es uno de los más favorecidos por las políticas gubernamentales puesto a que actualmente se subsidia el 60 % de su valor para las viviendas de estratificación más bajas de acuerdo con lo establecido por la Resolución CREG 186 de 2010 modificada por la Resolución CREG 186 de 2010 y la Resolución del Ministerio de Minas y Energía 031 de 2018 y la CREG promulga la Resolución 003 de 2021. En el municipio una vivienda puede acceder en promedio a 101.89kWh de energía por mes generada por este energético, este cálculo se realizó con base en el dinero gastado en promedio por vivienda en energía para la cocción calculado de información del SUI y el costo promedio mensual del energético en el municipio. A la tecnología cilindros de GLP se le asignó una calificación de costo operativo medio debido a que se debe hacer una inversión extra en manguera y válvula para operar la tecnología, adicional al tiempo gastado por un usuario para adquirir el energético ya sea a domicilio o punto de venta fijo.

La dinámica observada en el municipio de Tumaco a partir de las encuestas y del levantamiento de información secundaria a través de imágenes de Google Earth y Digital Globe, de forma general el municipio tiene una baja densidad de construcciones, la mayor densidad de construcciones en la zona rural se encuentra cerca a los centros poblados y no a la cabecera municipal, así como se presenta una mayor densidad de construcciones en los territorios de Consejos Comunitarios.

Se proponen 2 puntos para la ubicación de propanoductos de GLP como se observa en la Figura 58, para permitir la distribución de GLP por redes a la zona urbana.

Por la dinámica del municipio también se impactarían algunos centros poblados; el primer punto en el centro del municipio y el segundo punto en el costado sur del municipio (Impactando total o parcialmente la población perteneciente a los siguientes Consejos Comunitarios: Consejo Comunitario El Naranjo Ubicado En La Vereda Villa Rica, Cortina Verde Mandela, Alto Mira Y Frontera, Caunapi). En la Figura 58, también se presenta la salida gráfica que permite visualizar su posible influencia a 1km, 3km, 5km, 7km y 10km.

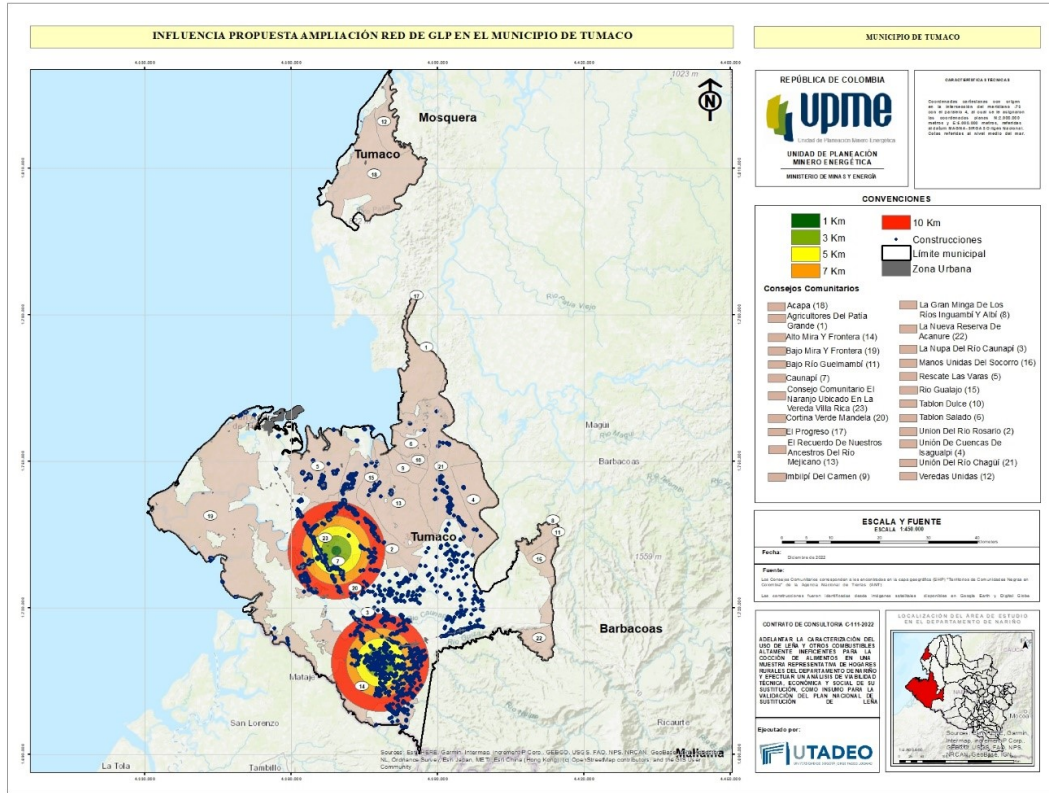


Figura 58. Buffer propuesto para propanoductos GLP en Tumaco. Fuente: Elaboración Propia. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 39 se presenta la información de las construcciones impactadas en cada área de influencia.

Ronda	Número de construcciones	Porcentaje de construcciones	Área	Densidad construcciones / km ²
Buffer 1km	32	0.74 %	6.28	5.09
Buffer 3km	145	3.36 %	50.27	2.88
Buffer 5km	560	12.97 %	100.53	5.57
Buffer 7km	454	10.52 %	150.79	3.01
Buffer 10km	1315	30.48 %	320.44	4.10
Total Municipio	4315		3616.87	

Fuente: Equipo Consultor.

Tabla 39. Construcciones en los rangos de distancia del municipio de Tumaco.

Con las áreas de influencia propuestas se alcanzan a impactar 2506 construcciones de las 4315 construcciones identificadas en un área de 628.31km². Para esta alternativa se consideró la densidad de las construcciones como una aproximación al comportamiento en la densidad de viviendas rurales, por lo que se puede realizar un acercamiento a las posibles zonas rurales de Nariño que podrían ser beneficiarias de proyectos de redes de GLP en la zona rural.

Análisis dimensión económica de la alternativa

Para la alternativa redes de GLP el costo de la estufa es de aproximadamente 130.000 COP siendo la segunda estufa más económica. El costo mensual del kilovatio hora para el municipio de Tumaco es de 344.18\$/kWh el costo del kilovatio hora del GLP por redes

se calculó de los datos reportados en el boletín tarifario de gas combustible por redes del segundo trimestre del año 2022 de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, este costo es bajo en comparación con otras alternativas lo que hace el energético muy accesible. En cuanto a subsidios este energético es uno de los más favorecidos por las políticas gubernamentales puesto a que actualmente se subsidia el 60 % de su valor para las viviendas de estratificación más bajas de acuerdo con lo establecido por la Resolución CREG 186 de 2010 modificada por la Resolución CREG 186 de 2010 y la Resolución del Ministerio de Minas y Energía 031 de 2018 y la CREG promulga la Resolución 003 de 2021. En el municipio una vivienda puede acceder en promedio a 101.89kWh de energía por mes generada por este energético, este cálculo se realizó con base en el dinero gastado en promedio por vivienda en energía para la cocción calculado de información del SUI y el costo promedio mensual del energético en el municipio. A la tecnología cilindros de GLP se le asignó una calificación de costo operativo medio debido a que se debe hacer una inversión extra en manguera y válvula para operar la tecnología, adicional al tiempo gastado por un usuario para adquirir el energético ya sea a domicilio o punto de venta fijo.

Análisis dimensión social

De acuerdo con el levantamiento de datos realizado, se determinó que en Tumaco, se tiene un elevado porcentaje de encuestados con viviendas propias. En Tumaco el 86,5 % de las personas encuestadas cuentan con casa propia. Este indicador es muy importante, ya que es una medida directa de la capacidad de pago que tienen los hogares disponibles para la instalación de diferentes alternativas a las tradicionales, ya que no gastan mensualmente en servicios de arriendo. Adicionalmente, esta condición puede favorecer la instalación de esta alternativa de red de GLP en las viviendas. Dentro del componente social, se indagó adicionalmente sobre la actividad sobre la cual los hogares sustentan sus ingresos y calidad de vida. Para el municipio de Tumaco se encontró que el 62 % de las personas se dedican a actividades agrícolas, mientras que el 16 % son empleados principalmente, adicional a esto un 2 % se dedican a actividades combinadas agropecuarias.

Análisis dimensión ambiental

Dentro de las ventajas ambientales del GLP en pipeta para su implementación masiva tiene entre otras la combustión del GLP es baja en carbono, su uso mejora la calidad del aire, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, no emite partículas de hollín, incidiendo de manera inmediata en favor del calentamiento global, Lo versátil y sustentable del GLP, le ha permitido ser una fuente de energía ideal para combinar con energías alternativas, como la eólica y solar. No genera derrames, en caso de fuga, el GLP no contamina el suelo, ni los acuíferos y se disipa homogéneamente en el ambiente y durante la combustión, el GLP genera menores emisiones de CO₂ que el carbón, la gasolina y el diésel.

Alternativa 3 Biogás

En el municipio de Tumaco se reportan dos estudios en generación de biogás, en el año 2000 la Extractora Palmeiras ya disponía de lagunas tradicionales eficientes y optimizó su sistema para reducir su impacto ambiental (lodos, metano) y sobre todo para recuperar y valorizar el biogás generado por su laguna anaerobia, evaluado inicialmente en unos 45.000 US\$ por año, para la generación de la electricidad (Conil, 2000). En el año 2021 se instaló en el campus de la Sede Tumaco una planta piloto la cual funciona con la tecnología de digestión anaerobia, un proceso biológico en el que las bacterias que viven en ausencia de oxígeno transforman la materia orgánica en biogás, en este caso los residuos de pesca. El biogás que se genera está compuesto por alrededor de 68 % de metano, 28 % de CO₂ y 4 % de otros gases menores (UNAL, 2022). A pesar de ser un municipio con bajo potencial de generación de energía por la baja producción de residuos agrícolas, es un municipio costero que cuenta con las condiciones ambientales para generar biogás.

Análisis dimensión técnico sectorial de la alternativa

El proceso de apropiación de una tecnología inicia cuando el usuario ha tomado la decisión de adquirirla. La capacitación es parte de este proceso. Hay que tomar en cuenta que los biodigestores son un equipamiento que opera con material vivo y como tal deben tratarlo. Como todo proceso vivo, cualquier cambio en su proceso tiene consecuencias que tardan cierto tiempo en aparecer. Es un equipamiento que requiere atención diaria. La capacitación debe ser dirigida al menos a dos miembros de la familia y debe comprender tres grandes momentos: el arranque y operación del reactor, el uso del biogás en el hogar y la utilización del fertilizante líquido.

Análisis dimensión económica de la alternativa

De acuerdo con los resultados obtenidos del instrumento implementado en campo, se pudo concluir que el principal uso de combustible es GLP, esta alternativa ha funcionado por la capacidad de pago. Sin embargo, los bajos niveles de ingresos mensuales, que en promedio son de 247.000 pesos, una alternativa económica de combustible es adecuada y pertinente. Esta condición puede favorecer la implementación de sistemas de producción de biogás.

Análisis dimensión social

De acuerdo con el análisis social y económico llevado a cabo para Tumaco, se puede ver que Tumaco tiene una vocación agrícola, por lo que la implementación de cualquier alternativa de sustitución de leña debe contemplar un componente fuerte social, con intervención en la comunidad sobre concientización, beneficios sociales, económicos y ambientales de la sustitución de leña. A partir del análisis de los indicadores socioculturales, se puede ver que para la sustitución de leña y la instalación de sistemas de biodigestión se requiere grandes esfuerzos en concientización, capacitación, promoción, efectos positivos de la alternativa, ya que la comunidad carece de conocimientos técnicos, sus niveles de escolaridad son relativamente bajos y eso dificulta los procesos de apropiación social de conocimiento y adopción de tecnologías.

Análisis dimensión ambiental

La principal ventaja ambiental del Biogás es que es una fuente de energía renovable ya que producir biogás permite generar una circularidad, donde muchos residuos orgánicos de la actividad por ejemplo agropecuaria, se transforman en energía en vez de terminar generando gases de efecto invernadero, pero con dificultades que está asociado a su generación y es su alta demanda de residuos orgánicos, está sujeto a mejor rendimiento con temperaturas altas. Es una alternativa muy viable para poblaciones que tienen problemas de residuos sólidos y no cuentan con una fuente de energía constante para cocción.

7 Conclusiones y recomendaciones

El planteamiento de acciones para la sustitución de leña en el Departamento de Nariño, se abordaron en este producto de una forma integral contemplando los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales en la evaluación de alternativas, considerando las características propias del territorio.

El estudio de las condiciones particulares del uso de la leña y sus dinámicas rurales en el territorio, permite reconocer sus características y potenciales, para lo cual las visitas a campo, el levantamiento de la información en hogares, así como el conocimiento de los intereses, proyecciones y proyectos entre otros, de entes territoriales y prestadores de servicios, permiten la identificación de aspectos claves para la definición inicial de proyectos de sustitución de leña en los territorios.

Para los municipios de Túquerres y Tumaco, la alternativa más viable de sustitución de uso de leña es el GLP, por cultura, tradición de uso y economía. El departamento ha

sido pionero en el departamento en la instalación de redes de distribución de GLP, por lo que extender redes de distribución de GLP en las zonas rurales, son una alternativa viable para las zonas rurales. Así mismo, existen zonas de alta densidad de viviendas rurales, que podrían ser identificadas como opcionales para la instalación de propanoductos rurales. Estas redes de distribución de GLP podrían en un futuro ser conductos para la distribución de otros energéticos gaseosos como por ejemplo biogás u otro.

Los costos de las instalaciones del punto de GLP en red en zonas rurales según información de uno de los prestadores, es mayor al costo de la instalación en las zonas rurales (80-100 % superior), por lo que la densidad rural es un factor determinante para la viabilidad de la extensión de las redes y ampliación de la capacidad o la instalación de una nueva red. En zonas de baja cultura de pago, la instalación de sistemas de cobro prepago podría ser apropiada para la sostenibilidad de los proyectos.

En cuanto a las pipetas de GLP es importante explorar la implementación de pipetas más livianas o la instalación de tanques estacionarios, que faciliten el transporte hasta las zonas rurales dispersas. Adicionalmente es urgente, por parte del estado mejorar el sistema de registro y actualización de la base de datos de los beneficiarios del subsidio. Este parámetro es fundamental para que esta alternativa sea realmente una opción en la sustitución de leña en las zonas rurales.

Cabe resaltar que a pesar de que el GLP presenta el camino más viable para sustituir el uso de Leña, el biogás representa un potencial de implementación en los municipios de Tumaco y Túquerres debido a: i) es una tecnología de bajo costo que permite la generación de combustible de forma autónoma por cada hogar. ii) La vocación agropecuaria en general del departamento de Nariño y de los municipios bajo estudio, repercute en la generación de residuos, que pueden ser valorizados en biogás, lo cual es un factor importante en el análisis de este tipo de alternativas. De forma particular Túquerres, posee un gran potencial para el aprovechamiento de biomasa, ya que cuenta con una actividad agrícola y pecuaria, en las cuales se generan grandes cantidades de este recurso. Estos potenciales identificados en el territorio crean la posibilidad de ampliar las alternativas de sustitución, incluyendo sistemas de generación eléctrica a partir de biomasa u otros energéticos derivados de ésta.

Otro aspecto para considerar en un programa de generación de biogás para la cocción de alimentos es la articulación con políticas y reglamentaciones ambientales, ya que éstas pueden favorecer o desfavorecer esta alternativa. Desde la comunidad se identificó la necesidad de acciones articuladas con Corponariño, para el manejo de los residuos pecuarios que puedan orientarse a la producción de energía. Se recomienda revisar la reglamentación de vertimientos y la clasificación del digestato, con el fin de encontrar rutas que estimulen la instalación de biodigestores y la producción de energía para la cocción de alimentos.

Otra alternativa que vale la pena explorar en el departamento son los sistemas fotovoltaicos especialmente para las zonas no interconectadas del departamento, algunas no registradas en el IPSE, como las que se identificaron en trabajo de campo en el Municipio de Mallama. Precisamente se informó sobre un proyecto de implementación de un sistema de energización rural solar para esa zona, se recomienda explorar si es posible complementar este tipo de proyectos con sistemas de cocción; en general se recomienda la inclusión de estos elementos en futuros proyectos rurales. Se pudo identificar de forma general que las ZNI al interior del departamento de Nariño son cercanas a reservas ambientales, por lo que es una alternativa a explorar.

Debido a que no existe una gran capacidad de pago, especialmente en la región del pacífico, la implementación de tecnologías alternativas para la generación de combustibles o energía, deben ser de bajo costo y acompañadas de un componente social muy fuerte, que permita a la comunidad apropiarse socialmente del conocimiento, de la tecnología, sus ventajas, beneficios, uso y mantenimiento, con el fin de garantizar continuidad en los

procesos.

En general, el desarrollo de acciones para la sustitución de leña en las zonas rurales requiere de un consenso comunitario, acciones de socialización, sensibilización y capacitación entorno a las alternativas. Se podrían planear acciones desde la formación básica en los niños de las escuelas rurales. Promover la organización comunitaria es fundamental para la implementación de alternativas rurales, así como la identificación de líderes rurales que promuevan los beneficios e implementación. Otro aspecto que se recomienda tener en cuenta es la inclusión de los sistemas de cocción y/o alternativas energéticas en los planes de desarrollo rural, por ejemplo programas de viviendas rurales o apoyo a los emprendimientos rurales, establecidos en los planes de superación de la pobreza en el campo.

En cuanto a la implementación de estufas ecoeficientes, las cuales disminuyen la cantidad de leña, es necesario desarrollar planes de capacitación y acompañamiento, promoviendo un manejo integral que incluye acompañamiento y verificación de la apropiación de las prácticas de cocción y el huerto leñero.

Finalmente se resalta que la información contenida en este producto constituye una base de información valiosa para la gestión de proyectos desde los entes territoriales y las comunidades, así como un insumo para la toma de decisiones de prestadores de los servicios de energía y/o financiadores de las actividades de sustitución de leña derivados del Plan Nacional de Sustitución de Leña y su aplicación en el Departamento de Nariño.

Referencias

- [1] Bamidele A Adanikin, Gbolabo A Ogunwande y Olusola O Adesanwo. «Evaluation and kinetics of biogas yield from morning glory (*Ipomoea aquatica*) co-digested with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)». En: *Ecological Engineering* 98 (2017), págs. 98-104.
- [2] Agencia de Renovación del Territorio. *Documento ABC del PDET*. 2022. URL: https://www.renovacionterritoio.gov.co/especiales/especial_pdet/.
- [3] Joaquín Viquez Arias, Mukhtaar Caydiid y Phenny Omondi. *Evaluación de la eficiencia térmica en estufas fabricadas y modificadas a biogás*. 2018.
- [4] Asociación Colombiana del GLP - GASNOVA. *Bases para el proyecto reemplazar el consumo de leña, carbón y residuos por GLP*. 2019. URL: <https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/07/Documento-subsidios-GASNOVA-12072019.pdf>.
- [5] Asociación Colombiana del GLP - GASNOVA. *Bases para el proyecto reemplazar el consumo de leña, carbón y residuos por GLP*. 2022. URL: https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2020/11/InformeGLP2020_NEWWEB.pdf.
- [6] ASOCODIS. *Evolución Sectorial de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia 2010-2018*. 2018. URL: <https://asocodis.org.co/estudios.html>.
- [7] Federico Battista, Debora Fino y Giuseppe Mancini. «Optimization of biogas production from coffee production waste». En: *Bioresource technology* 200 (2016), págs. 884-890.
- [8] CEDENAR. *Informe de gestión*. 2021. URL: cedenar.com.co/wp-content/uploads/2022/05/INFORME%5C%20DE%5C%20GESTION%5C%20CEDENAR%5C%202021%5C%20VERSION%5C%20DIGITAL%5C%20pdf.pdf.
- [9] Challenger. *Estufa de empotrar inducción de dos puestos de 30cm eléctrica 220V-SL6030IN*. 2022. URL: <https://www.challenger.com.co/estufa-de-empotrar-induccon-52x30-cm-electrica-220v-sl6030/p>.
- [10] Colombia licita. *Contratación*. 2022. URL: <https://colombialicita.com/search?proceso=&s=GLP&departamentoA=Nari%5C%C3%5C%B1o&fecha=&detected=>.
- [11] Comisión de Regulación de Energía y Gas. *Demanda y definiciones*. 2022. URL: <https://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/energia/estructura-energia>.
- [12] Comisión de Regulación de Energía y Gas. *Resolución 005 de 2021 Regulación de precios de suministro de GLP de Comercializadores Mayoristas a distribuidores*. 2021. URL: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/caf54e21ea3488fb0525867a00787be7/%5C\\$FILE/Creg005-2021.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/caf54e21ea3488fb0525867a00787be7/%5C$FILE/Creg005-2021.pdf).
- [13] Comisión de Regulación de Energía y Gas. *Resolución 023 - Reglamento de Distribución y Comercialización Minorista de Gas Licuado de Petróleo*. 2008. URL: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2/%5C\\$FILE/Creg119-2007.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2/%5C$FILE/Creg119-2007.pdf).
- [14] Comisión de Regulación de Energía y Gas. *Resolución 119 - Por la cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los Comercializadores de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional*. 2007. URL: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2/%5C\\$FILE/Creg119-2007.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2/%5C$FILE/Creg119-2007.pdf).
- [15] Comisión de Regulación de Energía y Gas. *Resolución 180 - Por la cual se aprueba la fórmula tarifaria general que permite a los Distribuidores y Comercializadores Minoristas establecer los costos de prestación del servicio de Gas Licuado de Petróleo - GLP, a usuarios regulados*. 2009. URL: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0180_2009.htm.
- [16] *Decreto número 1073 de 26 de Mayo de 2015 "Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de Minas y Energía*. 2015.
- [17] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. 2018. URL: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>.

-
- [18] Departamento Nacional de Planeación. *Definición de categorías de ruralidad*. 2014. URL: <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/estudios%5C%20econmicos/2015ago6%5C%20documento%5C%20de%5C%20ruralidad%5C%20-%5C%20ddrs-mtc.pdf>.
- [19] Departamento Nacional de Planeación. *Resultados Índice de Desempeño Fiscal territorial para la vigencia 2021*. 2021. URL: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Estudios-Territoriales/Indicadores-y-Mediciones/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>.
- [20] Departamento Nacional de Planeación. *Sistema de Seguimiento a Proyectos de Inversión*. 2022. URL: <https://spi.dnp.gov.co/Consultas/ConsultaProyectos.aspx?Vigencia=2022&Periodo=9&Region=5&Departamento=52&Financiacion=&Sector=21>.
- [21] JM Hernández-Salas, MS Villa-Ramírez, JS Veloz-Rendón, KN Rivera-Hernández, RA González-César, MA Plascencia-Espinosa y SR Trejo-Estrada. «Comparative hydrolysis and fermentation of sugarcane and agave bagasse». En: *Bioresource technology* 100.3 (2009), págs. 1238-1245.
- [22] Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. *Censo Pecuario Nacional año 2022*. 2022. URL: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>.
- [23] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas. *Proyectos. Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas*. 2022. URL: <https://ipse.gov.co/mapa-del-sito/proyectos-ipse/proyectos-fanzi/>.
- [24] Qiang Jin, Yan Yang, Aimin Li, Fuqiang Liu y Aidang Shan. «Comparison of biogas production from an advanced micro-bio-loop and conventional system». En: *Journal of Cleaner Production* 148 (2017), págs. 245-253.
- [25] Saurabh P Joshi y DR Waghole. «Investigations on Efficient Designs of Domestic Cooking Pots». En: *Recent Advances in Materials and Modern Manufacturing*. Springer, 2022, págs. 1039-1053.
- [26] Feng Ju y Tong Zhang. «Novel microbial populations in ambient and mesophilic biogas-producing and phenol-degrading consortia unraveled by high-throughput sequencing». En: *Microbial ecology* 68.2 (2014), págs. 235-246.
- [27] Suwimon Kanchanasuta y Nipon Pisutpaisal. «Waste utilization of palm oil decanter cake on biogas fermentation». En: *international journal of hydrogen energy* 41.35 (2016), págs. 15661-15666.
- [28] Xinxin Li, Xusheng Yan, Meiyong Ye, Chuang Song, Jingsi Gao, Jia Zhu y Yanping Liu. «Enhancement of anaerobic digestion performance of corn straw via combined sodium hydroxide-cellulase pretreatment». En: *Biochemical Engineering Journal* 187 (2022), pág. 108652.
- [29] FH Liu, SB Wang, JS Zhang, J Zhang, X Yan, HK Zhou, GP Zhao y ZH Zhou. «The structure of the bacterial and archaeal community in a biogas digester as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis and 16S rDNA sequencing analysis». En: *Journal of Applied Microbiology* 106.3 (2009), págs. 952-966.
- [30] YR Loh, D Sujana, Muhammad Ekhlashur Rahman y Cecilia Anthony Das. «Sugarcane bagasse - The future composite material: A literature review». En: *Resources, Conservation and Recycling* 75 (2013), págs. 14-22.
- [31] Anthony Njuguna Matheri, Mohamed Belaid, Tumisang Seodigeng y Catherine Jane Ngila. «Modelling the kinetic of biogas production from co-digestion of pig waste and grass clippings». En: *24th World Congress on Engineering (WCE 2016) London-UK*. 2016.
- [32] Ministerio de Minas y Energía. *Implementación del servicio de gas GLP por redes en los municipios de Cumbal, Guachucal y Potosí en el Departamento de Nariño*. 2019. URL: <https://colombialicita.com/licitacion/135591427>.
- [33] MONTAGAS. *Generalidades del gas licuado de petróleo*. 2022. URL: <https://montagas.com.co/soluciones-residenciales/>.
- [34] Jose Orbes y Wilson Vallejo. «Investigación exploratoria de sistemas de energía eléctrica renovable orientada a la búsqueda de soluciones energéticas en el departamento de Nariño». En: (2013).
- [35] Cuba Plaza de la Revolución. *Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física*. 2016.
-

- [36] Resolución 0355. 2004.
- [37] Resolución 824 de 02 de mayo de 2022. 2022.
- [38] Cristina Rodriguez, Abed Alaswad, KY Benyounis y Abdul G Olabi. «Pretreatment techniques used in biogas production from grass». En: *Renewable and sustainable energy reviews* 68 (2017), págs. 1193-1204.
- [39] Thomas L Saaty. «The analytic hierarchy process (AHP)». En: *The Journal of the Operational Research Society* 41.11 (1980), págs. 1073-1076.
- [40] Juan Fernando Salazar Masson. «Estudio técnico-comparativo para la introducción de cocinas eléctricas de inducción magnética en el Ecuador». B.S. thesis. QUITO/EPN/2010, 2010.
- [41] Marzieh Shafiei, Maryam M Kabir, Hamid Zilouei, Ilona Sárvári Horváth y Keikhosro Karimi. «Techno-economical study of biogas production improved by steam explosion pretreatment». En: *Bioresource technology* 148 (2013), págs. 53-60.
- [42] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. *Boletín tarifario de energía eléctrica primer trimestre 2022*. 2022. URL: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/BOLETIN-TARIFARIO-GLP-2022-II-TRIMESTRE%5C%20%5C%281%5C%29.pdf>.
- [43] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. *Boletín tarifario gas combustible por redes - Segundo Trimestre de 2022*. 2022. URL: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/BOLETIN-TARIFARIO-GAS-POR_REDES-II-Trimestre-2022.pdf.
- [44] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. *Boletín tarifario gas licuado de petróleo, cilindros y granel, segundo trimestre de 2022*. 2022. URL: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/BOLETIN-TARIFARIO-GAS-POR_REDES-II-Trimestre-2022.pdf.
- [45] Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. *Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia*. 2011. URL: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/atlas-del-potencial-energetico-de-la-biomasa.aspx>.
- [46] Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. *Cadena del gas licuado del petróleo (GLP)*. 2017. URL: https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Cadena_GLP_2017_30032017.pdf.
- [47] Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. *Plan de Energización Rural Sostenible; Caracterización Social y económica del Departamento de Nariño*. 2014. URL: <http://192.68.185.27:90/sipersn/index.php?doc&pers#>.
- [48] Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. *Plan nacional de sustitución de leña y otros combustibles de uso ineficiente y altamente contaminante para la cocción doméstica de alimentos Tomo I: Documento de Formulación del Plan*. 2022. URL: https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Tomo_I_Formulacion_PNSL_dic2.pdf.
- [49] Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. *Proyección de demanda de energéticos 2022-2036*. 2022. URL: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia>.
- [50] XM Administradores del mercado eléctrico. *En abril de 2022, el precio de bolsa de energía disminuyó un 36.51% (83.75 COP/kWh) respecto al precio de bolsa del mes anterior*. 2022. URL: <https://www.xm.com.co/noticias/4921-en-abril-de-2022-el-precio-de-bolsa-de-energia-disminuyo-un-3651-8375-copkwh-respecto#:~:text=Durante%20abril%20de%202022%20el,fue%20de%20240.70%20COP%2FkWh>.
- [51] Jingqing Ye, Dong Li, Yongming Sun, Guohui Wang, Zhenhong Yuan, Feng Zhen y Yao Wang. «Improved biogas production from rice straw by co-digestion with kitchen waste and pig manure». En: *Waste management* 33.12 (2013), págs. 2653-2658.