



CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA CON ÉNFASIS EN

GASIFICACIÓN

IPSE

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

UN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS



Ministerio de Minas y Energía
República de Colombia

Libertad y Orden

CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA CON ÉNFASIS EN

GASIFICACIÓN

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



Ministerio de Minas y Energía
República de Colombia

Libertad y Orden

Una publicación de Instituto de Planificación y Promoción
de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE

Ejecutó
Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
Facultad de Minas

Autores Universidad Nacional de Colombia
Docentes - Investigadores

Javier Fernando De la Cruz Morales, José Amado Aguilar Roldan, Farid Chejne Janna, Sergio Botero Botero, Carlos Arturo Londoño Giraldo, Ángela Adriana Ruiz Colorado, Pedro Nel Benjumea Hernández, Andrés Fernando Osorio Arias

Investigadores auxiliares

Liliana T. López Ch. – Ing. Química, Ernesto J. Muñoz S. – Ing. Mecánico, Diomer Alzate B. – Est. Ing. Química, Catalina Pajón A. – Ing. Química, Carlos A. Gómez G. – Msc. Ing. Química, Sebastián Vargas G. – Est. Ing. Eléctrica, Amalia M. Salazar G. – Est. Ing. Administrativa, Liliana Herrera H. – Est. Ing. Administrativa, Maryori González V. – Est. Ing. Administrativa

Grupos de investigación

Grupo Termodinámica Aplicada Y Energías Alternativas – TAYEA
Grupo modelamiento y análisis Energía – Ambiente – Economía
Grupo Bioprocesos y flujos reactivos
Grupo Combustibles alternativos
Grupo de investigación en oceanografía e ingeniería costera – OCEANICOS

Coautores Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas
para las Zonas No Interconectadas – IPSE

Edison Pérez Bedoya Ph.D.
Economista con Doctorado en Ingeniería
Jairo Alberto Benavides González
Ingeniero Químico
Jorge Eliecer Ramírez Murillo
Economista
Sandra Yomary Garzón Lemos M.Sc.
Ingeniera Electricista con Maestría en Ingeniería Eléctrica
Dabeiba Amparo Reina Chávez
Ingeniera de Sistemas

Fotografía y Montaje 3D

Jorge Iván Delgado Restrepo

Diseño y Diagramación

Madaly López González
Jonathan Castro López

Impresión

Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

Registro ISBN: 978-958-99713-5-2

Primera Edición

Medellín, Colombia Septiembre de 2011

Esta prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación y mucho menos para fines comerciales. Para utilizar información contenida en ella se deberá citar fuente.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1. MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL..... | 17 |
| 1.1 ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL SECTOR ENERGÉTICO COLOMBIANO | 18 |
| 1.1.1 Ministerio de Minas y Energía (MME)..... | 18 |
| 1.1.2 Estructura del sector eléctrico y características de las ZNI | 19 |
| 1.2 INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE)..... | 20 |
| 1.2.1 Historia..... | 21 |
| 1.2.2 Misión y visión..... | 23 |
| 1.2.3 Objeto, funciones y recursos..... | 23 |
| 1.2.4 Estructura organizacional..... | 25 |
| 1.2.5 Centros de Innovación Tecnológica | 25 |
| 1.3 MARCO LEGAL..... | 29 |
| 1.3.1 Legislación Ambiental | 30 |
| 1.3.2 Legislación Tributaria..... | 30 |
| 1.3.3 Legislación para Zonas No Interconectadas (ZNI) | 31 |
| 1.3.4 Fondos de apoyo a zonas no interconectadas..... | 32 |
| 1.3.4.1 Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI) | 32 |
| 1.3.4.2 Fondo Nacional de Regalías (FNR)..... | 32 |
| 1.3.4.3 Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER)..... | 33 |
| 1.3.4.4 Programa de Normalización de Redes Eléctricas (PRONE) | 33 |
| 1.3.4.5 Fondo de Energía Social (FOES)..... | 33 |
| 1.3.4.6 Fondo del gobierno holandés | 34 |
| 1.4 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES | 34 |
| 1.4.1 Tratados internacionales | 34 |
| 1.4.1.1 Protocolo de Kioto..... | 34 |
| 1.4.1.2 Libro Blanco | 34 |
| 1.4.1.3 Libro Verde..... | 36 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.4.2 | Implementación de políticas a nivel internacional | 36 |
| 1.4.2.1 | Mecanismos de política usados a nivel mundial | 37 |
| 1.4.2.2 | Aplicaciones en países | 41 |
| 1.4.2.3 | Aplicaciones en el mundo y Colombia | 43 |
| 1.5 | CONCLUSIONES PRELIMINARES | 45 |
| 2. | CARACTERIZACIÓN DEL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA | 47 |
| 2.1 | ASPECTOS GEOGRÁFICOS | 48 |
| 2.1.1 | Ubicación espacial | 50 |
| 2.1.2 | Vías de acceso | 51 |
| 2.1.3 | Ecosistema | 52 |
| 2.1.4 | Relieve | 52 |
| 2.2 | ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES | 53 |
| 2.2.1 | Síntesis histórica | 54 |
| 2.2.2 | Aspectos culturales | 54 |
| 2.2.3 | Aspectos sociales | 56 |
| 2.2.3.1 | Demografía | 56 |
| 2.2.3.2 | Condiciones de vida | 56 |
| 2.2.4 | Aspectos económicos | 60 |
| 2.2.4.1 | Actividades económicas | 60 |
| 2.2.4.2 | Empleo | 61 |
| 2.2.5 | Aspectos políticos e institucionales | 62 |
| 2.2.5.1 | Áreas protegidas | 64 |
| 2.3 | OFERTA NATURAL | 64 |
| 2.3.1 | Potencial solar | 64 |
| 2.3.2 | Radiación solar | 65 |
| 2.3.3 | Potencial eólico | 67 |
| 2.3.4 | Potencial de combustibles líquidos y gaseosos | 69 |
| 2.3.5 | Potencial agroenergético | 70 |
| 2.3.6 | Potencial hidráulico | 70 |
| 2.3.7 | Potencial de biomasa | 71 |
| 3. | TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EL TOTUMO | 73 |
| 3.1 | GASIFICACIÓN DE BIOMASA LEÑOSA | 73 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1.1 | Antecedentes | 74 |
| 3.1.2 | Descripción de la tecnología de gasificación | 75 |
| 3.1.3 | Estado actual | 81 |
| 3.1.3.1 | Gasificación de biomasa en Colombia | 84 |
| 3.1.3.2 | Gasificación de biomasa en el mundo | 85 |
| 3.2 | VENTAJAS Y DESVENTAJAS | 87 |
| 3.2.1 | Ventajas | 87 |
| 3.2.2 | Desventajas | 88 |
| 3.3 | ASPECTOS AMBIENTALES EN LA ZONA DE GASIFICACIÓN | 88 |
| 3.3.1 | Dimensión física | 89 |
| 3.3.2 | Dimensión biótica | 90 |
| 3.3.3 | Dimensión económica | 90 |
| 3.3.4 | Dimensión política | 91 |
| 3.3.5 | Dimensión cultural | 92 |
| 4. | CENTRO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE BIOMASA LEÑOSA | 93 |
| 4.1 | NECESIDADES ENERGÉTICAS | 93 |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DEL CENTRO | 98 |
| 4.2.1 | Proceso de generación de energía eléctrica | 98 |
| 4.2.2 | Transporte y distribución de la energía eléctrica | 106 |
| 4.2.3 | Entrega y consumo de la energía eléctrica | 108 |
| 4.4 | CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DESARROLLO PARA LA COMUNIDAD | 112 |
| 4.5 | CENTRO NACIONAL DE MONITOREO | 114 |
| 4.5.1 | Objetivos del Centro Nacional de Monitoreo | 116 |
| 4.5.2 | Estructura del Centro Nacional de Monitoreo | 116 |
| 4.5.3 | Espacios de trabajo de la Central Nacional de Monitoreo | 117 |
| 4.5.4 | Instalaciones de telemetría en ZNI | 118 |
| 4.5.5 | Telemetría en Centro de Innovación Tecnológica El Totumo de Necoclí | 121 |
| 4.5.6 | Importancia de la información del CNM. | 121 |
| 4.5.7 | Producción de la información | 123 |
| 4.5.8 | Logros alcanzados | 124 |

| | |
|--|-----|
| 5. ASPECTOS FINANCIEROS | 127 |
| 5.1 ESTRUCTURA GENERAL DE COSTOS | 127 |
| 5.1.1 Costos preoperativos | 128 |
| 5.1.2 Costos operativos | 130 |
| 5.2 ESTRUCTURA GENERAL DE COSTOS PARA GASIFICACIÓN DE BIOMASA | 131 |
| 5.2.1 Costo de instalación..... | 132 |
| 5.2.2 Costos de generación..... | 132 |
| 5.3 COSTOS DEL CENTRO EL TOTUMO..... | 136 |
| | |
| 6. PROSPECTIVAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 143 |
| 6.1 PROSPECTIVA DE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍAS QUE SE PUEDEN APLICAR EN EL MUNICIPIO DE NECOCLÍ | 144 |
| 6.1.1 Aprovechamiento de la Energía eólica | 145 |
| 6.1.2 Aprovechamiento de la Biomasa leñosa..... | 146 |
| 6.1.3 Energía Solar: | 149 |
| 6.1.4 Aprovechamiento de Biocombustibles | 152 |
| 6.1.5 Aprovechamiento de la energía undimotriz..... | 152 |
| 6.2 PROSPECTIVA DEL CENTRO | 154 |
| 6.3 INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS | 156 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 159 |
| Páginas Web consultadas | 163 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- 1. División territorial de las ZNI en Colombia. | 21 |
| Figura 1-2. Estructura organizacional del IPSE..... | 26 |
| Figura 1-3. Centros de innovación IPSE..... | 27 |
| Figura 2-1. Distribución de uso de energía y calidad de vida en Colombia. | 48 |
| Figura 2-2. Fotografías de Necoclí. | 49 |
| Figura 2-3. Ubicación espacial de Colombia..... | 49 |
| Figura 2-4. Ubicación espacial de El Totumo (Antioquia)..... | 50 |
| Figura 2-5. Distribución de la población de Totumo por sexo. | 51 |
| Figura 2-6. Sistema artesanal de recolección de aguas lluvias..... | 57 |
| Figura 2-7. Casa de la vereda Nueva Pampa a orillas del río Caimán Viejo. | 59 |
| Figura 2-8. Cría de cerdos, peces y cangrejos en la comunidad | 61 |
| Figura 2-9. Distribución de las pérdidas de la radiación incidente..... | 65 |
| Figura 2-10. Distribución de la radiación solar global acumulada en el día, para la costa atlántica, que incide a lo largo del año sobre el territorio colombiano. | 66 |
| Figura 2-11. Variación de la radiación solar durante el año en El Totumo . | 67 |
| Figura 2-12. Distribución de vientos en el país para el mes de abril | 68 |
| Figura 2-13. Variación de la velocidad del viento durante el año en Necoclí | 69 |
| Figura 2-14. Especies más frecuentes de madera depositada en las playas de Necoclí..... | 71 |
| Figura 3-1 Recuperación de biomasa | 76 |
| Figura 3-2 Procesos de conversión de biomasa en energía | 78 |
| Figura 3-3 Gasificación y sus productos. Cuadro N°3..... | 80 |
| Figura 3-4. Esquema de un reactor de lecho fluidizado burbujeante | 82 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Figura 3-5 | Descripción proceso de gasificación | 83 |
| Figura 3-6 | Las playas llenas de madera..... | 85 |
| Figura 3-7 | Quema de madera residual en las playas del municipio de Necoclí. | 89 |
| Figura 3-8 | Equipo de trabajo para cortar y transportar la biomasa..... | 91 |
| Figura 4-1. | Instalaciones ilegales de energía eléctrica en vereda Nueva Pampa. | 94 |
| Figura 4-2. | Acumulación de leña para cocción..... | 95 |
| Figura 4-3. | Fabricación de carbón..... | 96 |
| Figura 4-4. | Energéticos usados para iluminación..... | 96 |
| Figura 4-5. | Módulos de cocina..... | 97 |
| Figura 4-6. | Planta de gasificación de biomasa leñosa-Nueva Pampa..... | 98 |
| Figura 4-7. | Biomasa leñosa en la playa del Nueva Pampa..... | 99 |
| Figura 4-8. | Almacenamiento bajo techo de biomasa..... | 100 |
| Figura 4-9. | Corte y procesamiento de biomasa..... | 100 |
| Figura 4-10. | Secado de biomasa..... | 101 |
| Figura 4-11. | Almacenamiento y curado de biomasa leñosa..... | 102 |
| Figura 4-12. | Tolva de almacenamiento | 102 |
| Figura 4-13. | Reactor del gasificador lecho fijo de biomasa leñosa | 103 |
| Figura 4-14. | Venturi y filtros para tratamiento de gas pobre..... | 104 |
| Figura 4-15. | Motor generador de energía eléctrica..... | 105 |
| Figura 4-16. | Diagrama del proceso de producción de energía eléctrica. . | 105 |
| Figura 4-17. | Subestación con transformador de 45 KVA..... | 106 |
| Figura 4-18. | Líneas secundarias..... | 108 |
| Figura 4-19. | Diagrama unifilar del sistema eléctrico de gasificación de biomasa..... | 110 |
| Figura 4-20. | Acometida interna..... | 111 |
| Figura 4-21. | Diagrama de flujo del sistema energético del centro..... | 111 |
| Figura 4-22. | Habitante beneficiado con el proyecto de gasificación..... | 112 |
| Figura 4-23. | Hogar beneficiado con el proyecto de gasificación | 113 |
| Figura 4-24. | Electrificación al interior de los hogares | 113 |
| Figura 4-25. | Sistema de monitoreo para zonas no interconectadas..... | 115 |
| Figura 4-26. | Estructura del Centro Nacional de Monitoreo, CNM. | 117 |
| Figura 4-27. | Instalaciones de telemetría en ZNI..... | 119 |
| Figura 4-28. | Telemetría Instalada Actualmente..... | 120 |
| Figura 4-29. | Sistema de telemetría en CIT El Totumo..... | 122 |
| Figura 5-1. | Costos totales por capacidad instalada | 134 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 5-2. | Costos por kWh generado en los meses junio, julio y septiembre de 2010 | 140 |
| Figura 6-1. | Fogón de leña de tres piedras y fogón de alta eficiencia..... | 149 |
| Figura 6-2. | Innovador sistema de desalinización con un Ciclo Rankine Orgánico | 151 |
| Figura 6-3. | Sistema Seabased Sueco | 153 |
| Figura 6-4. | Evolución de la Ecoaldea | 155 |
| Figura 6-5. | Diagrama de flujo ilustrativo de un aprovechamiento integral de diferentes fuentes energéticas renovables en Necoclí..... | 157 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|--------------|--|-----|
| Tabla 1-1. | Entidades adscritas al MME..... | 19 |
| Tabla 1-2. | Entidades vinculadas al MME | 19 |
| Tabla 1-3. | Clasificación de políticas de incentivos a energías renovables | 38 |
| Tabla 1-4. | Instrumentos de política de apoyo a energías renovables aplicados por país..... | 42 |
| Tabla 4-1. | Ramales derivados del transformador. | 107 |
| Tabla 4-2. | Normas aplicadas a cada uno de los postes de la red primaria | 109 |
| Tabla 5-1. | Supuestos de diseño para la estimación de costos en el primer análisis..... | 131 |
| Tabla 5-2. | Supuestos de diseño para la estimación de costos en el segundo análisis | 131 |
| Tabla 5-3. | Costo de instalación o inversión inicial para el primer análisis en (USD \$/kW)..... | 132 |
| Tabla 5-4. | Costos de instalación o inversión inicial para el segundo análisis (USD \$/kW) | 132 |
| Tabla 5- 5. | Costos de generación primer análisis | 133 |
| Tabla 5-6. | Costos de generación segundo análisis (UDS \$/kWh) | 133 |
| Tabla 5-7. | Costos totales (USD \$/kWh)..... | 134 |
| Tabla 5-8. | Proyección de costos de generación 2005-2015 (USD \$/kWh) | 135 |
| Tabla 5-9. | Proyección de costos, gasificación de biomasa, 2005-2015 en varios escenarios | 135 |
| Tabla 5-10. | Costos instalación gasificador de lecho fluidizado (COP \$) | 136 |
| Tabla 5-11a | Comparativo costos por kW instalado (USD \$/kW)..... | 137 |
| Tabla 5- 11b | VARIABLES A TENER EN CUENTA EN LA ESTIMACIÓN DEL COSTO POR kWh generado | 138 |
| Tabla 5-12. | Costos y variables tenidas en cuenta para el cálculo del costo por kWh generado..... | 139 |
| Tabla 5-13. | Comparativo de costos por kWh generado (USD \$/kWh)..... | 141 |
| Tabla 6-1. | Métodos de desalación de agua. | 150 |

INTRODUCCIÓN

En su devenir histórico y buscando mejorar sus condiciones de vida, las necesidades energéticas del ser humano han evolucionado constantemente. El consumo de energía ha experimentado a través de la historia un crecimiento continuo en paralelo con el desarrollo de la tecnología, los hábitos de vida y las formas de organización social. Existe un abismo entre las demandas energéticas de los individuos de las primeras comunidades primitivas cuya necesidad energética básica era la alimentación, y las de los ciudadanos de las metrópolis modernas que requieren de la energía para realizar sus actividades cotidianas.

Entre las diferentes formas de energía, la eléctrica es la que más ha contribuido a elevar la calidad de vida de la sociedad. La energía eléctrica permite a las comunidades asegurar el acceso a otros servicios básicos como la salud, la educación, la información, proponer las actividades sociales y productivas, mejorar el confort al crear ambientes más saludables y brindar más oportunidades para el desarrollo económico.

El modelo actual de expansión del sector eléctrico basado en el paradigma de la competencia ha conducido a un elevado sesgo hacia la cobertura de las áreas densamente pobladas, debido a dificultades para llevar el servicio de electricidad a la población que vive en las zonas rurales y no interconectadas. Las soluciones energéticas para dichas zonas han sido planificadas con objetivos muy limitados y una óptica fundamentalmente asistencialista, basadas en subsidios, que además, no han tenido en cuenta el potencial natural de los recursos energéticos locales, ni promovido, ni contado con la participación comunitaria. Podría decirse que el servicio de energía eléctrica que tradicionalmente se ha llevado a las Zonas No Interconectadas (ZNI), no ha generado equidad, preservación ecológica y mucho menos desarrollo económico.

En países como Colombia, existen zonas con dificultades de suministro de la energía eléctrica y térmica, lo cual no permiten su desarrollo socioeconómico, debido, entre otras razones, a que no se aprovechan los recursos alternativos propios. Por lo tanto, es imperante lograr soluciones para:

- Abastecer de energía a partir de recursos energéticos para fines eléctricos y térmicos, con el objetivo de satisfacer las necesidades, en zonas aisladas y no interconectadas, de refrigeración, agua potable, calentamiento, fuerza motriz, entre otras.
- Promover y garantizar la capacidad técnica y comercial para desarrollar e impulsar el uso de las fuentes alternas de energía (Botero et. al., 2006).
- Resolver las necesidades de transporte urbano, interurbano y de carga. Este sector representa el principal consumidor de energía primaria en el país, se estima que consume aproximadamente el 40% de la energía, representada en la utilización de combustibles como la gasolina, el diesel y más recientemente el gas natural vehicular (UPME, 2006). De otro lado, su utilización en los grandes centros urbanos es la principal fuente de contaminación atmosférica debido a emisiones de CO₂, SO_x, NO_x, material particulado, entre otras sustancias.
- Incrementar la competitividad en las empresas disminuyendo el deterioro ambiental que es causado por el consumo innecesario de energía en los procesos.
- Garantizar que la energía contribuya con la equidad social, con el crecimiento económico y sostenible de las regiones, particularmente en las zonas de menor desarrollo y con la competitividad internacional de las pequeñas y medianas empresas.

Responder a estos retos de manera oportuna y sistemática depende de la introducción de nuevos arreglos institucionales en la política energética nacional (lo que en parte se ha venido realizando con la expedición de algunas leyes, como la Ley 142 de Servicios Públicos, las de reformas al sector eléctrico y de hidrocarburos y la Ley 697 de 2001 sobre Uso Racional de la Energía y Promoción de las Energías Renovables). También es conveniente acelerar el fortalecimiento y sinergia de las capacidades científicas y tecnológicas en energía, para la generación de conocimiento, el desarrollo de innovaciones tecnológicas, la adaptación de tecnologías y la vigilancia tecnológica en el contexto internacional; así como expedir nuevas leyes que incentiven el uso de las energías alternativas.

En Colombia existe un gran potencial para aprovechar energías alternativas debido a la diversidad de recursos disponibles, pero sobre todo existen ventajas por su ubicación geográfica en el planeta, que le permite hacer uso de la energía solar, eólica y recursos hídricos, entre otros, de manera racional (Botero et al., 2005; UPME, 2003). En Colombia y de acuerdo con estudios realizados por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE), en el año 2000, cerca del 70% de la población requería de energía para mantener el sistema productivo, y sobre todo para garantizar un sistema de refrigeración que permita lograr los niveles de confort adecuados, la conservación de los alimentos y el desarrollo económico de ciertas regiones que tienen necesidades de conservar sus productos.

En Colombia, el (IPSE) viene dando pasos en la búsqueda de una solución integral a la problemática energética de las ZNI, cambiando el modelo tradicional de energización rural por uno sustentable que, soportado en la investigación, ofrezca soluciones energéticas estructurales y promueva alternativas de energización en armonía con la naturaleza. El IPSE se ha trazado como objetivo: identificar, promover, fomentar, desarrollar e implementar soluciones energéticas mediante esquemas empresariales eficientes, viables financieramente y sostenibles en el largo plazo, procurando la satisfacción de las necesidades energéticas de las ZNI con criterios de inclusión, participación, equidad y seguridad nacional.

Como parte de su estrategia de buscar soluciones energéticas estructurales para las ZNI, el IPSE ha fomentado la creación de seis Centros de Innovación Tecnológica (CIT), cada uno de ellos con énfasis en una fuente de energía estratégica de naturaleza preferentemente renovable: agroenergía, energía eólica, energía solar, biomasa, energía hidráulica y combustibles líquidos y gaseosos. Cada Centro impacta una zona geográfica determinada del territorio nacional en la cual se adelantan proyectos piloto enfocados al aprovechamiento de las fuentes energéticas disponibles localmente, mediante el uso de tecnologías de última generación. El desarrollo de estos centros le permiten al país disponer de sitios con condiciones favorables para la investigación, implementación, apropiación y evaluación de las diferentes tecnologías energéticas con miras a optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales autóctonos.

El objetivo de este trabajo es documentar las acciones que el IPSE ha emprendido con relación al Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y gaseosos. Para ello, este texto se ha estructurado en seis capítulos, cuyo contenido da cuenta del desarrollo del Centro, desde su concepción hasta el estado actual de avance de los proyectos implementados en sus zonas de influencia.

En el capítulo 1, se presenta el entorno o marco institucional y legal existente en Colombia para promover la energización en las zonas rurales y no interconectadas, se analizan aspectos de la legislación tributaria y ambiental relacionados con la promoción del uso de energías limpias y renovables, y finalmente se contrastan varias experiencias internacionales relacionadas con las temáticas anteriores y con la promoción de centros de innovación o entes similares.

El capítulo 2, tiene como objetivo caracterizar el centro de innovación en sus aspectos geográficos, ambientales y socioculturales; así como en sus potenciales energéticos asociados con la oferta natural existente.

En el capítulo 3, se hace una descripción de las tecnologías que en el ámbito mundial se han desarrollado para aprovechar los potenciales energéticos identificados en el Centro. Se presentan los principios básicos de las tecnologías, diagramas de procesos, ventajas y desventajas, aspectos ambientales relacionados con las tecnologías y estado del arte.

El capítulo 4, tiene que ver con los proyectos piloto de generación de energía eléctrica que se vienen desarrollando en comunidades ubicadas en el área de influencia del centro de innovación. Se hace una descripción detallada de las tecnologías específicas utilizadas, teniendo en cuenta que varias de ellas pueden ser pioneras en el mundo. Se enfatiza en el impacto que la ejecución de los proyectos tienen o pueden tener en las condiciones de vida de los pobladores y en la forma como éstos se organizan para administrar y gestionar la sostenibilidad de las soluciones energéticas implementadas.

Si en el centro de innovación existen varios potenciales energéticos primarios es posible considerar un esquema de poligeneración, o sea, la generación integrada de varios productos energéticos (calor, electricidad y frío). Se busca que los asentamientos humanos impactados por los proyectos evolucionen hacia su conversión en ecoaldeas, entendidas éstas como comunidades sostenibles en sus dimensiones social, económica, energética y ecológica. También, en este capítulo se describen los sistemas de supervisión y control de las plantas de producción de generación de energía eléctrica existentes en la zona de influencia del Centro. Dichos sistemas basados en telemetría permiten en una forma fácil y segura realizar mediciones y seguimientos de manera remota a variables de control, directamente desde el sistema hacia un centro de control y monitoreo. Se busca llevar un registro de operaciones, fallas y alertas para optimizar el servicio prestado y en el caso específico de la energía eléctrica, promocionar su uso racional.

En el capítulo 5, se realiza un estudio de los costos de las tecnologías a nivel mundial y se hace un análisis económico de los diferentes proyectos implementados en el centro, con el propósito de explorar los costos de generación en zonas no interconectadas y aisladas, lo cual permite definir un nuevo concepto de valoración de la generación de energía en zonas especiales, llamado equivatío.

En el capítulo 6, se hace un análisis de prospectiva de las tecnologías implementadas en el centro, sobre todo de aquellas posibilidades que tiene la zona de influencia en cuanto al aprovechamiento de recursos naturales renovables con tecnologías de última generación capaz de suplir las necesidades de pequeñas poblaciones aisladas.

1. MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL

La implementación de soluciones energéticas estructurales y sostenibles en zonas aisladas y no interconectadas, con baja densidad de población y carencias en infraestructura básica, requieren de un entorno institucional y legal que tenga en cuenta las particularidades de la dinámica social, económica y ecológica de dichas zonas. Es necesario contar con una serie de normas que faciliten la implementación de nuevas tecnologías sostenibles ambientalmente, que consideren aspectos diferentes a los contemplados en el sistema interconectado, en donde el mercado de la energía define el destino del suministro del recurso. En las Zonas No Interconectadas (ZNI) se requiere una visión amplia de la inversión, que contemple los aspectos sociales (concepto de equivatío), los aspectos ecológicos (concepto de ecovatio) y sistemas de baja capacidad del orden de vatios (Pérez, 2010).

En este capítulo se describe el marco institucional por medio del cual el Estado colombiano busca canalizar eficientemente los recursos públicos y privados destinados a mejorar la calidad de vida y garantizar el acceso a la energía de las comunidades asentadas en las ZNI. Adicionalmente, se identifican las normas que regulan los mercados energéticos y los incentivos legales relacionados con el uso eficiente de la energía, el fomento de las fuentes renovables y la creación de espacios para la investigación e innovación en tecnologías energéticas de punta.

1.1 ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL SECTOR ENERGÉTICO COLOMBIANO

En la estructura del Estado colombiano, la dirección de los sectores minero y energético está a cargo del Ministerio de Minas y Energía (MME), cuya misión es la formulación y adopción de las políticas, planes generales, programas y proyectos relacionados con ambos sectores.

En esta sección se desarrollan dos temáticas principales. La primera tiene que ver con aspectos generales del MME, sus funciones y estructura; mientras que en la segunda se exponen aspectos básicos de la organización del sector eléctrico nacional y de las características de las ZNI.

1.1.1 Ministerio de Minas y Energía (MME)

En concordancia con su objeto, la función general del MME es adoptar la política nacional en materia de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, beneficio, transformación y distribución de minerales e hidrocarburos; así como la política sobre generación, transmisión, interconexión, distribución y establecimiento de normas técnicas en materia de energía eléctrica, sobre el uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas y en general, sobre todas las actividades técnicas, económicas, jurídicas, industriales y comerciales relacionadas con el aprovechamiento integral de los recursos naturales no renovables y de la totalidad de las fuentes energéticas del país en concordancia con los planes generales de desarrollo (Departamento administrativo de la función pública, 2006).

Para llevar a cabo sus funciones el MME se apoya en cuatro direcciones: Energía, Gas, Hidrocarburos y Minas, y en un variado grupo de entidades clasificadas como adscritas y vinculadas. En la tabla 1-1, se describen las cinco entidades adscritas al MME y en la tabla 1-2, algunas de las principales entidades vinculadas.

La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), tiene como misión desarrollar de manera participativa el planeamiento integral y la gestión de la información de los sectores energético y minero, para contribuir al desarrollo sostenible del país. Entre las funciones específicas de la UPME, están: elaborar y actualizar el Plan Nacional Minero, el Plan Energético Nacional, el Plan de Expansión del Sector Eléctrico y los demás planes subsectoriales, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo. La UPME también tiene el encargo de evaluar la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales.

Tabla 1-1. Entidades adscritas al MME

| Entidades adscritas | Nombre |
|-------------------------------------|--|
| Unidades Administrativas Especiales | UPME: Unidad de Planeación Minero Energética |
| | CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas |
| | ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos |
| Establecimientos Públicos | INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería |
| | IPSE: Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas |

Tabla 1-2. Entidades vinculadas al MME

| Entidades vinculadas | Nombre |
|---------------------------------------|--|
| Sociedades de Economía Mixta | FEN: Financiera Energética Nacional |
| Empresas de Servicios Públicos Mixtas | ISAGEN S. A. E.S.P |
| | Interconexión Eléctrica ISA E.S.P. |
| | Electrificadoras, centrales eléctricas y empresas de energía |
| Sociedades Públicas por Acciones | ECOPETROL S.A. |
| | Sociedad Promotora de Energía de Colombia S.A. |

Por su parte, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) tiene como misión regular los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible, de manera técnica, independiente y transparente, promoviendo el desarrollo sostenido de estos sectores, regulando los monopolios, incentivando la competencia donde sea posible y atendiendo oportunamente las necesidades de los usuarios y las empresas de acuerdo con los criterios establecidos en la ley. La CREG fue creada en 1994 cuando el Gobierno Nacional a través de las leyes 142 y 143 estableció las Comisiones de Regulación, con el fin de regular las actividades de los servicios públicos.

1.1.2 Estructura del sector eléctrico y características de las ZNI

El marco institucional del sector eléctrico colombiano está determinado por la naturaleza de los entes que realizan las actividades de dirección, planeación, regulación, operación y administración del mercado, control y vigilancia del sector eléctrico. Las tres primeras actividades están a cargo del MME y sus entidades adscritas (UPME y CREG). Por su parte, las Superintendencias de Servicios Públicos y de Industria y Comercio son las encargadas de velar por los intereses de los consumidores (Congreso de Colombia, 1994).

El Sistema Interconectado Nacional (SIN), según la Ley Eléctrica, está conformado por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios. Se pueden distinguir dos subsistemas, uno que abarca aquellas áreas eléctricas cuya generación es coordinada a través del Centro Nacional de Despacho (CND) y otro subsistema, denominado sistema interconectado total, que incluye adicionalmente pequeñas centrales cuya generación no es coordinada por el CND, sino que son operadas por cada empresa autónomamente (Congreso de Colombia, 1994).

Adicionalmente, a las zonas del país cubiertas en sus necesidades de energía eléctrica por el SIN, en Colombia, existen las Zonas No Interconectadas, las cuales se definen en el artículo 1 de la Ley 855 de 2003, como aquellos municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al SIN. Las ZNI en Colombia alcanzan una extensión cercana al 66% del territorio nacional, incluyendo alrededor de 1.200 asentamientos humanos ubicados en 16 departamentos y 91 municipios, en los cuales habitan cerca de 2 millones de personas. Aunque la mayoría de estos asentamientos son de naturaleza rural y de baja densidad poblacional, entre ellos se tienen 4 capitales departamentales y 44 cabeceras municipales. Dado su alto grado de dispersión a lo largo y ancho del territorio nacional, las ZNI en Colombia se han dividido en 13 grupos territoriales como se puede ver en la figura 1-1.

La misión institucional de gestionar la energización de las ZNI en Colombia recae en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), bien sea en forma directa o mediante convenios o acuerdos con los entes territoriales. Para ello, el IPSE se ha estructurado como un establecimiento público del orden nacional, adscrito al MME (Tabla 1-1), que cuenta con personería jurídica, patrimonio y autonomía administrativa.

1.2 INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (IPSE).

En este ítem se presenta una breve historia del IPSE, desde los esfuerzos institucionales que lo gestaron, hasta su fortalecimiento y consolidación. Se exponen los elementos misionales y estratégicos que caracterizan al Instituto como su objeto, misión, visión, funciones, recursos y organigrama. Finalmente, se hace una descripción de los centros de innovación tecnológica creados por el IPSE para apalancar la promoción de las soluciones energéticas para las ZNI con base en criterios de investigación.

1.2.1 Historia

La historia del IPSE ha estado ligada a la evolución del sector eléctrico colombiano, empezando en la década del cuarenta del pasado siglo, con la asunción por parte del Gobierno Nacional del liderazgo en la planificación del sector eléctrico, la construcción de la infraestructura de generación, transmisión y distribución y el impulso a la constitución de empresas regionales de naturaleza pública o mixta responsables de la administración y prestación del servicio de energía eléctrica a los usuarios finales (MME, 2004).



Figura 1- 1. División territorial de las ZNI en Colombia
Adaptado de mapa de división territorial de las ZNI (IPSE, 2010)

Esta reseña se remonta a la conformación del Instituto Nacional de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, creado por la Ley 80 de 1946 como una entidad autónoma con personería jurídica, a la cual se le asignó un doble objeto social en materia de manejo de aguas y de energía eléctrica. Electroaguas, como se conoció inicialmente, constituyó en su tiempo un esfuerzo del Estado colombiano para asumir la coordinación del sector eléctrico nacional, dada la importancia que el servicio de energía eléctrica venía adquiriendo para el desarrollo socioeconómico de la regiones y a la necesidad de contar con un organismo que planificara a nivel nacional la construcción y financiación de infraestructura de desarrollo eléctrico y la interconexión de los diferentes sistemas (MME, 2004).

En el año de 1968, en el marco de las reformas administrativas adelantadas por el Gobierno Nacional y autorizadas por el Congreso de la República a través de la Ley 65 de 1967, mediante Decreto 3175 de 1968 transformó el Instituto Nacional de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL). Establecimiento público, con personería jurídica, en autonomía administrativa y patrimonio independiente, adscrito al Ministerio de Obras Públicas, con domicilio en la ciudad de Bogotá, pero con facultades para establecer dependencias en otras ciudades del país (MME, 2004).

En el año de 1992, cuando se redefinió el objeto social y la naturaleza jurídica del Instituto, mediante el Decreto 700 de 1992, expedido por el Gobierno Nacional en el marco de la emergencia económica decretada con el fin de conjurar la situación de crisis en el servicio público de energía eléctrica e impedir la extensión de sus efectos, se adoptaron varias decisiones para el ICEL, entre ellas, la asignación de un nuevo objeto, el de procurar la satisfacción de las necesidades de energía eléctrica en las ZNI ubicadas fuera del área de cubrimiento de las entidades electrificadoras (MME, 2004).

Con base en las facultades otorgadas por el Decreto 700 de 1992 y mediante el Decreto 1516 de 1992 el Gobierno Nacional dispuso la reestructuración del ICEL, asignándole nuevas funciones. En ese mismo año, el ICEL sufrió una nueva transformación, esta vez a través del Decreto 2120 de 1992 expedido en uso de las facultades otorgadas al Gobierno Nacional en el artículo 20, transitorio de la Constitución Política de 1991. Dentro de los principales aspectos de esta reforma está el cambio de la naturaleza jurídica del ICEL, de establecimiento público a empresa industrial y comercial del Estado del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía (MME, 2004).

El Gobierno Nacional mediante el Decreto 1140 del 29 de Junio de 1999 transformó al ICEL en el Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas (IPSE). El artículo primero de este decreto definió la naturaleza jurídica del IPSE, como la de un establecimiento público del orden nacional, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio

e independiente, constituido por fondos públicos (MME, 2004). El artículo segundo definió como objeto social del nuevo instituto la identificación, planificación y promoción de soluciones energéticas integrales, viables financieramente y sostenibles en el largo plazo, para las ZNI del país.

Teniendo en cuenta los nuevos desafíos y necesidades de la entidad, en el año de 2004, el Consejo Directivo del IPSE decidió someter a la aprobación del Gobierno Nacional la modificación de su planta de personal, hecho que fue oficialmente aprobado mediante el Decreto 258 de enero 28 de 2004. El Instituto continuó su proceso de consolidación y reconocimiento mediante la Ley del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1151 de 2007, que en su artículo 66, estableció el "Fortalecimiento del IPSE", como una acción estratégica para lograr una óptima consecución de las metas del Gobierno Nacional en la problemática de las ZNI.

1.2.2 Misión y visión

La misión del IPSE es mejorar las condiciones de vida de las comunidades, ofreciendo una solución energética estructural; con principios de conservación ambiental y respeto por la diversidad, soportado en un equipo humano en constante formación y crecimiento.

La visión del IPSE es posicionarse en América Latina como un instituto que ofrece soluciones energéticas estructurales y promueve alternativas de energización en armonía con la naturaleza, soportado en investigación, con criterios de calidad y eficiencia.

En síntesis el IPSE busca ofrecer soluciones energéticas estructurales a las comunidades rurales como factor de equidad y seguridad nacional, con criterios de eficacia, eficiencia y efectividad, fundamentado en el mejoramiento continuo de sus procesos, con responsabilidad ambiental, en condiciones de trabajo seguro y saludable para las partes interesadas; asegurando el cumplimiento de la legislación aplicable a las actividades que desarrolla.

1.2.3 Objeto, funciones y recursos

En concordancia con su misión, el objeto del IPSE es identificar, promover, fomentar, desarrollar e implementar soluciones energéticas mediante esquemas empresariales eficientes, viables financieramente y sostenibles en el largo plazo, procurando la satisfacción de las necesidades energéticas de las ZNI, apoyando técnicamente a las entidades definidas por el Ministerio de Minas y Energía (IPSE, 2010).

Para el cumplimiento de sus objetivos el IPSE ejerce las siguientes funciones generales:

- Ejecutar los lineamientos y las políticas del Ministerio de Minas y Energía a través de programas y proyectos de infraestructura energética.
- Adelantar estudios e investigaciones para diagnosticar las necesidades energéticas de las regiones que constituyen las ZNI en el país.
- Realizar estudios sobre la viabilidad técnica y financiera de los proyectos a ejecutar.
- Gestionar diversas fuentes de financiación y la participación del sector privado en la ejecución y administración de los proyectos.
- Gestionar la participación de la comunidad en la ejecución, operación y mantenimiento de la infraestructura energética, que garanticen la prestación del servicio de energía de manera eficiente y autosostenible.
- Adelantar convenios con los entes territoriales.
- Ejecutar y supervisar las obras que requiera la infraestructura energética de su competencia.
- Asesorar a las organizaciones o entidades comunitarias encargadas de la administración, operación y mantenimiento de la infraestructura energética.
- Realizar transacciones internacionales de energía con interconexiones de países vecinos para las ZNI, como parte de la promoción de las soluciones energéticas de una región, cuando esta sea la única solución energética factible y no sea viable o conveniente conectar al SIN, siempre y cuando no implique atención a usuarios finales.

La Ley del Plan Nacional de Desarrollo 1151 de 2007 en su artículo 66, fortaleció al IPSE y complementó sus funciones como una entidad especializada en la estructuración e interventoría de proyectos de energización en las ZNI:

- Administrar la información energética de las ZNI.
- Desarrollar e implementar soluciones energéticas, como energías renovables y/o limpias.
- Desarrollar programas de uso racional de la energía.
- Conseguir recursos de cooperación internacional para cofinanciación de proyectos energéticos y transferencia de tecnologías.
- Desarrollar una gestión efectiva de la normatividad y regulación aplicable a las ZNI, para actuar anticipada y proactivamente ante los diferentes entes u organismos encargados de legislar, reglamentar, y promulgar actos administrativos.

De acuerdo con el Decreto 257 de 2004; el IPSE cuenta con los siguientes recursos para su operación (IPSE, 2010):

- Los recursos de la nación asignados al IPSE.
- Los aportes, donaciones y demás contribuciones que reciba.
- Los recursos de créditos.
- Los ingresos provenientes de la venta de sus activos y derechos.
- Los rendimientos financieros de los recursos que se le transfieran a cualquier título, con excepción de los procedentes del Presupuesto General de la Nación, de conformidad con lo establecido en el Estatuto Orgánico de Presupuesto.
- Los dividendos que originen sus aportes e inversiones en acciones y sus participaciones en sociedades en desarrollo de su objeto social.

1.2.4 Estructura organizacional

En el Decreto 257 de 2004 se estableció la estructura orgánica del IPSE, la cual se encuentra conformada por: el Consejo Directivo, la Dirección General, dos Subdirecciones, la Secretaría General y las coordinaciones en cada una de las dependencias misionales. De la dirección general dependen directamente la oficina jurídica y el Centro Nacional de Monitoreo-CNM (IPSE, 2010), tal como se observa en la figura 1-2.

Los grupos internos de trabajo conservan una organización matricial para el cumplimiento de los objetivos y funciones asignadas, para velar por la integralidad de los procesos misionales, la aplicación de perspectivas multidisciplinarias en el desarrollo de las actividades y la colaboración armónica y eficaz entre las diferentes áreas (MME, 2004).

1.2.5 Centros de Innovación Tecnológica

El IPSE ha creado los centros de Innovación Tecnológica (CIT) con el objeto de obtener soluciones energéticas para las ZNI. Estos Centros son áreas geográficas con características particulares desde el punto de vista de los recursos energéticos disponibles y sus aspectos socioeconómicos y culturales

Los centros de innovación tecnológica posibilitan el aprendizaje y la apropiación de las diferentes tecnologías de generación, preferentemente con energías renovables propias del lugar. Estos centros le permiten al país tener unos sitios con condiciones favorables para la investigación, implementación, apropiación y evaluación de las diferentes tecnologías energéticas a la vez que permiten optimizar los recursos.

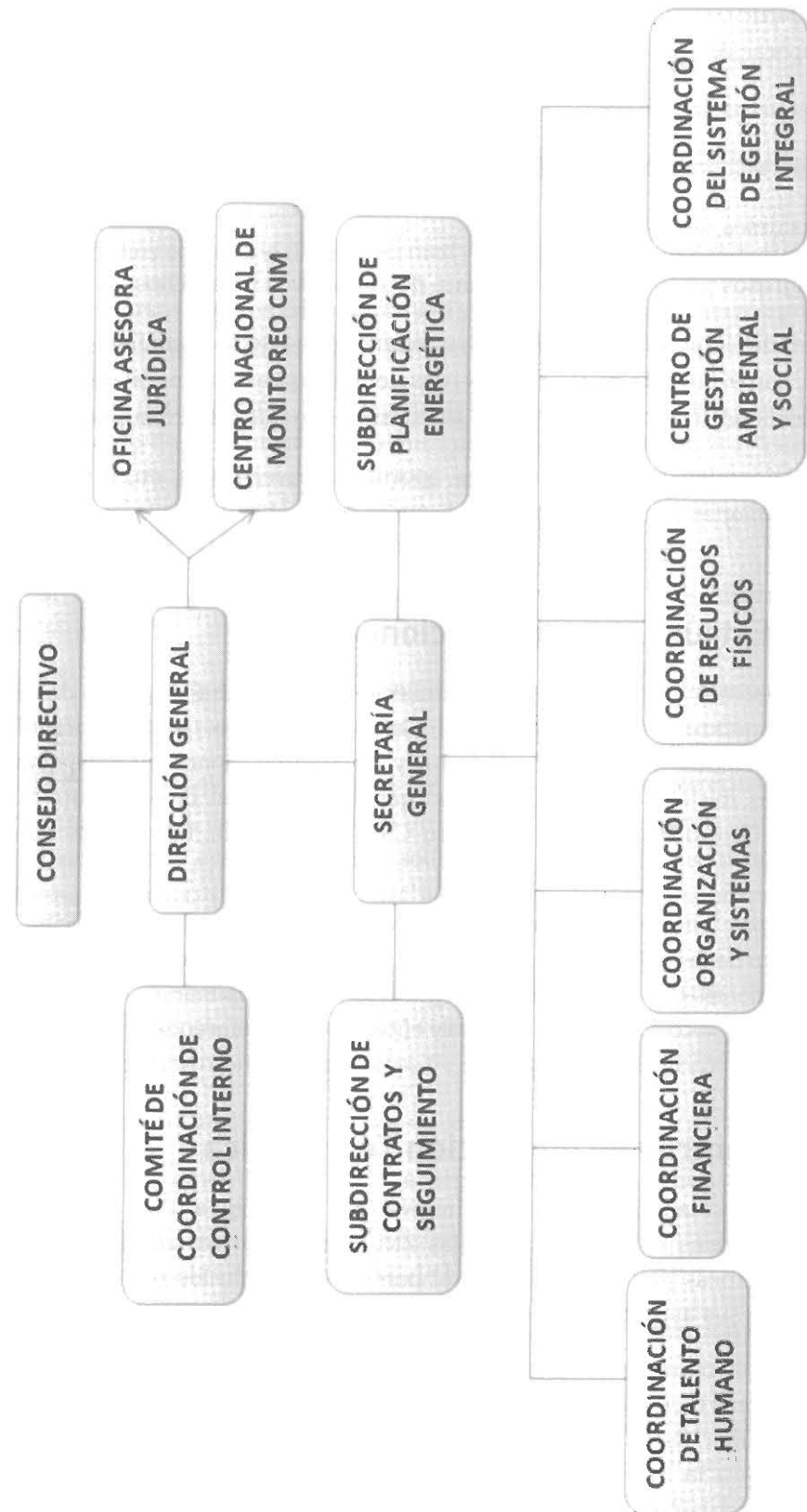


Figura 1-2. Estructura organizacional del IPSE.
Fuente: IPSE, 2010

Ha sido estratégico localizar los diferentes centros en varios puntos del territorio nacional. En la Figura 1-3 se aprecian los ubicados en la región Caribe, específicamente en Isla Fuerte, Titumate y en la Alta Guajira; en el Pacífico y en el Urabá Antioqueño y Chocoano.

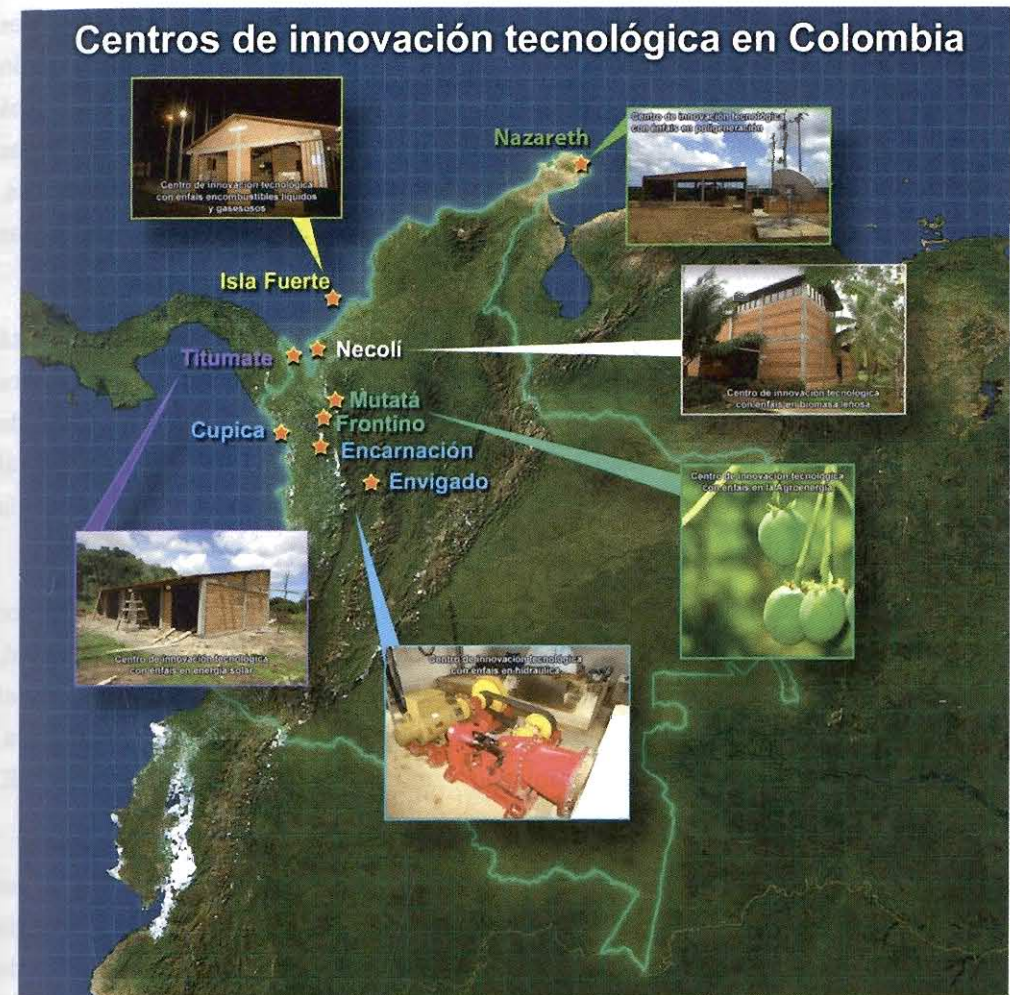


Figura 1-3. Centros de innovación IPSE
Adaptado de Centros de innovación IPSE (IPSE, 2010)

Los diferentes centros de innovación tecnológica se caracterizan por el uso de un determinado energético o grupo de energéticos, es así que se han establecido los siguientes:

- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en combustibles líquidos y gaseosos. En él se han desarrollado proyectos de generación de energía utilizando combustibles gaseosos como Gas Licuado de Petróleo (GLP), que tiene como fin

comparar los rendimientos, impactos ambientales y evaluar el funcionamiento general de los grupos electrógenos, frente a la utilización de los combustibles tradicionalmente utilizados en la generación. El centro se encuentra ubicado en Isla Fuerte-Bolívar (IPSE, 2010).

- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en agroenergía. En este se tiene planeado la implementación de proyectos para la producción de combustibles obtenidos de especies agrícolas (agrocombustibles). El centro de innovación tecnológica con énfasis en agroenergía se ubica en la zona geográfica del Urabá Antioqueño y Chocoano, y en el municipio de Frontino - Antioquia. En dichas áreas se encuentran tierras aptas y fértiles para diferentes tipos de cultivos energéticos, suelo donde se han presentado varios procesos de siembra comunitarios de estas especies (IPSE, 2010).
- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en energía hidráulica. Está constituido por diferentes tecnologías asociadas a la conducción de agua para accionar pequeñas turbinas. El centro de Innovación que se ubica en la zona de Cupica en el Departamento del Chocó, se complementa con una pequeña central hidroeléctrica de 55 kW en el departamento de Antioquia, para suplir de energía al corregimiento de La Encarnación (IPSE, 2010).
- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en biomasa. Está conformado por tecnologías de generación con base en gasificación de residuos de origen forestal, los cuales son tomados de los depósitos que arriban a las playas de la región del Totumo, zona rural del municipio de Necoclí, en el departamento de Antioquia. El sistema actual es capaz de suministrar energía eléctrica a 50 familias (IPSE, 2010).
- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en energía eólica. En él se usan tecnologías de turbinas eólicas, encaminadas a suministrar energía eléctrica a comunidades apartadas y con bajos niveles de demanda. Se trata de aerogeneradores monopala de movimiento oscilante, ubicados en la alta Guajira, en los corregimientos de Nazareth y Puerto Estrella, en el municipio de Uribia (IPSE, 2010).
- Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en energía solar. Está concebido para suministrar energía eléctrica con base en la implementación de un sistema híbrido de generación a partir de concentración solar y combustible diesel. El Centro se ubica en la zona de Titumate en el departamento del Chocó (IPSE, 2010).

1.3 MARCO LEGAL

El mercado de electricidad está soportado fundamentalmente en la Constitución Política de la Nación que determina los principios constitucionales para la prestación de los servicios públicos domiciliarios, dentro de los cuales se encuentra la energía eléctrica. En resumen, las diferentes leyes que dan estructura jurídica al sistema energético del país son: Ley 142 de 1994 ó ley de los Servicios Públicos, que establece el marco regulatorio general de la prestación de estos servicios; Ley 143 de 1994 o Ley Eléctrica, la cual define los fundamentos del marco regulatorio específico de la prestación del servicio de energía eléctrica; las regulaciones de la CREG, con la que se reglamentan y aclaran las distintas aplicaciones e interpretaciones de las leyes y regulaciones generales del país en el ámbito energético de electricidad y gas; las leyes del Congreso de la República y decretos del Gobierno con fuerza de ley, tales, como la Ley 697 de 2001 ó Ley del Uso Racional de Energía (URE), mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía enfocado a las fuentes alternas y se promueve la cogeneración.

En Colombia, el Decreto-Ley 2811 de 1974 conocido como el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, regula el manejo de los recursos naturales renovables, como: la atmósfera y el espacio aéreo nacional, las aguas en cualquiera de sus estados, la tierra, el suelo y el subsuelo, las fuentes primarias de energía no agotables. Se regula también los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en el denominador de este código, como los residuos, basuras, desechos y desperdicios, y el ruido.

En el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente quedan definidos como recursos energéticos primarios, los siguientes: energía solar, eólica, pendientes, desniveles topográficos o caídas, recursos geotérmicos y la contenida en el mar. De igual forma, por decreto, se definen como fuentes no convencionales de energía aquellos recursos que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran fuentes no convencionales de energía, entre otras, la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía proveniente de fuentes de biomasa, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos y la energía proveniente de los océanos (República de Colombia, 2003).

1.3.1 Legislación Ambiental

En Colombia se ha definido un marco regulatorio encaminado a la preservación del medio ambiente, que compete al Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales y a los Entes Territoriales, principalmente. La Ley 23 de 1973, por ejemplo, establece la necesidad de prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y de buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables (Congreso de Colombia, 1973). En aras al cumplimiento de este objetivo se dictó el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente el cual define claramente los términos para las concesiones, autorizaciones y permisos para uso de recursos naturales de dominio público (República de Colombia, 1974)

En la Ley 99 de 1993, se precisan las tasas retributivas y compensatorias a las cuales deben sujetarse quienes hagan uso de la atmósfera, el agua y el suelo con actividades contaminantes, y mediante el Decreto 883 de 1997 se establecen un instrumento administrativo para prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental denominado Documento de Evaluación y Manejo Ambiental con su correspondiente Plan de Manejo Ambiental. Otra ley relevante es la 09 de 1979, la cual prohíbe descargar en el aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en el mismo (Congreso de Colombia, 1979). Adicionalmente, en Colombia existen leyes y decretos de tipo ambiental que pueden favorecer el uso de fuentes alternas, por ejemplo el Decreto 948 de 1995, en el cual se trata la prevención y el control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

1.3.2 Legislación Tributaria

En Colombia se han establecido incentivos en materia tributaria para la promoción del uso de fuentes alternativas de energía que permiten proveer de energía eléctrica y térmica en zonas aisladas y al mismo tiempo fomentan el cuidado del medio ambiente (Decreto 2755 de 2003, Ley 383 de 1997). También, existe exención de Impuesto al Valor Agregado (IVA), a equipos, elementos y maquinarias destinados a proyectos, programas o actividades que correspondan a la implementación de metas ambientales concertadas con el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En el país se promueve el uso racional de energía como un asunto de interés social, fundamental para la competitividad de la economía colombiana; se impulsa el uso de combustibles alternativos como el biocombustible de origen vegetal o animal mezclados con ACPM para uso en motores diesel de producción nacional y también la utilización del alcohol de los combustibles oxigenados mediante exenciones tributarias de diferentes índoles (la Ley 939 de 2004 y Ley 788 de 2002). Por tal razón, el uso de

biocombustible para Colombia con la fórmula B5 (5% de biodiesel con 95% de ACPM) es obligatorio a partir de enero de 2008 y se pretende aumentar este porcentaje a B10 en 2010 y B20 en 2012 (Moreno, 2008; Pérez, 2008).

1.3.3 Legislación para Zonas No Interconectadas (ZNI)

Las ZNI deben ser administradas bajo lineamientos normativos diferentes a los del SIN, dentro de los cuales se encuentran disposiciones para el establecimiento de metodologías generales, como por ejemplo la remuneración de las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica y la fórmula tarifaria general para determinar el costo unitario de prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica en las ZNI del territorio nacional (SSPD, 2007). Estas disposiciones son aplicadas a todas las personas que están organizadas en alguna de las formas dispuestas por el Título I de la Ley 142 de 1994, desarrollan las actividades de generación, distribución y/o comercialización de energía eléctrica en las ZNI, exceptuando el Archipiélago de San Andrés y Providencia.

Mediante la Resolución 181072 de 2008, se desarrolló el trámite para la contratación de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público de energía eléctrica en las ZNI. El contrato de concesión de áreas de servicio exclusivo tiene por objeto asegurar que un concesionario por su cuenta y riesgo preste alguna o todas las actividades involucradas con el servicio público de energía eléctrica, en condiciones de exclusividad en el área geográfica concedida perteneciente a las ZNI (SSPD, 2008).

Por motivos de interés social y con el propósito de que la cobertura del servicio público de energía eléctrica se pueda extender a toda la población, el Ministerio de Minas y Energía, es quien contrata mediante invitación pública todas o alguna de las actividades involucradas en el servicio público de energía eléctrica en las áreas geográficas perteneciente a las ZNI (SSPD, 2008). Adicionalmente, el MME, por medio de la resolución 180991 de 2008, delega al IPSE, la transferencia de los recursos de subsidios a los entes encargados de la prestación del servicio en las ZNI, teniendo en cuenta las disposiciones artículo 11 de la Resolución interna del MME 182138 de 2007.

Los subsidios asignados para las ZNI tienen un determinado manejo. Según lo establecido en el artículo 62 de la Ley 812 de 2003, los subsidios destinados a los usuarios pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 ubicados en las ZNI pueden ser utilizados tanto para inversión, como para cubrir los costos del combustible requerido por las plantas de generación eléctrica en estas zonas (MME, 2004). Son beneficiarios del subsidio los usuarios pertenecientes a las localidades ubicadas en ZNI, que cuenten con el servicio de energía eléctrica y sean sujetos de subsidio

conforme con la Ley 142 de 1994. Los respectivos prestadores del servicio público de energía eléctrica, deberán estar inscritos ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (MME, 2004).

La Resolución 180901 de 2006 fija la metodología de enajenación de los activos que el IPSE posee en el SIN. En dicha resolución se establece el valor actual de enajenación de los activos de propiedad del IPSE, que actualmente son utilizados por empresas operadoras de red del Sistema Interconectado Nacional (MME, 2006).

1.3.4 Fondos de apoyo a zonas no interconectadas

El gobierno colombiano ha creado diferentes fondos que contribuyen a proveer energía a aquellos ciudadanos que carecen de ella o que no puedan pagarla. Básicamente estos fondos abordan problemas de ingreso (pobreza) y de distancia de la red. En este sentido, las ZNI tienen la posibilidad de acceder a estos fondos, aunque no todos están diseñados específicamente para éstas (por ejemplo existen familias que no tienen acceso a la energía pero se encuentran en zonas no interconectadas). Los diferentes fondos se describen a continuación.

1.3.4.1 Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI)

En los artículos del 81 al 83 de La Ley 633 de 2000 y por medio del Decreto Reglamentario 1124 de 2008, el Gobierno Nacional creó el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI), con el objetivo de financiar los planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las ZNI. El FAZNI está financiado con aportes del SIN. Según la Ley 633 de 2000 por cada kWh (kilovatio-hora) despachado en la Bolsa de Energía Mayorista, el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) recaudará un peso (\$1.00) moneda corriente, con destino a este fondo. De esta forma las zonas interconectadas subsidian a las zonas aisladas.

1.3.4.2 Fondo Nacional de Regalías (FNR)

Mediante el Decreto 4355 de 2005 se crea el Consejo Asesor de Regalías, como una instancia de apoyo y asesoría al Departamento Nacional de Planeación en la determinación de las pautas y requisitos que deben ser cumplidos por las entidades territoriales que se ajusten a los planes de desarrollo territoriales, como al Plan Nacional de Desarrollo (MME, 2010). Los requisitos y trámites que se debe surtir

para los proyectos de inversión que sean presentados con solicitud de recursos del Fondo Nacional de Regalías y compensaciones pactadas a favor de los departamentos y municipios están debidamente reglamentados (Decreto 416 de 2007, Ley 141 de 1994, Ley 756 de 2002 y Ley 781 de 2002).

1.3.4.3 Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER)

El FAER creado por el artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y reglamentado con el Decreto 1122 de 2008, permite que los Entes Territoriales con el apoyo de las Empresas Prestadoras del Servicio de Energía Eléctrica en la zona de influencia, sean los gestores de planes, programas y proyectos de inversión priorizados para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica. El objetivo es ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas, conforme con los planes de ampliación de cobertura que estructuran cada uno de los Operadores de Red y que cuentan con la viabilidad de la UPME.

1.3.4.4 Programa de Normalización de Redes Eléctricas (PRONE)

El Programa de Normalización de Redes Eléctricas (PRONE) creado mediante la Ley 1117 de 2006, consiste en la financiación por parte del Gobierno Nacional de planes, programas o proyectos elegibles de conformidad con las reglas establecidas en el Decreto 1123 de 2008 y las normas que lo sustituyan o complementen, cuya vigencia será igual a la establecida para los diferentes fondos que financien el Programa. El PRONE será financiado hasta con un 20% del recaudo de los recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER) de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 1º de la Ley 1117 de 2006 y con los recursos previstos en el artículo 68 de la Ley 1151 de 2007, con los ajustes establecidos en la Resolución CREG-003 de 2008 y de aquellas que la modifiquen o sustituyan, estarán a cargo del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC), quien recaudará de los dueños de los activos del Sistema de Transmisión Nacional (STN) el valor correspondiente.

1.3.4.5 Fondo de Energía Social (FOES)

El artículo 118 de la Ley 812 de 2003 (Plan Nacional de Desarrollo para el período 2003-2006) definió como fondo especial del orden nacional, los recursos provenientes del ochenta por ciento (80%) de las rentas de congestión, calculadas por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales. En Colombia, se definió un fondo especial de orden nacional con base en las rentas originadas de las exportaciones de energía eléctrica a los países vecinos dentro de los convenios de la

Comunidad Andina de Naciones (artículo 118 de la Ley 812 de 2003, artículos del 3 al 11 del Decreto 4978 de diciembre 27 de 2007 y artículo 59 de la Ley 1151 de 2007).

El Ministerio de Minas y Energía administra el Fondo de Energía Social como un sistema especial de cuentas, con el objeto de cubrir a partir de 2007, hasta cuarenta y seis pesos (\$46) por kilovatio hora (kw/h) del valor de la energía eléctrica destinada al consumo de los usuarios ubicados en zonas de difícil gestión, áreas rurales de menor desarrollo y en zonas subnormales urbanas definidas por el Gobierno Nacional. No se benefician de este fondo los usuarios no regulados.

1.3.4.6 Fondo del gobierno holandés

El Mecanismo Financiero para la Electrificación (MFE) es un programa de cooperación internacional suscrito entre el gobierno Colombiano y el Reino de los países bajos. Dentro de este marco, Holanda realizó un convenio de financiación para la electrificación con el fin de aliviar la pobreza, cooperar entre sector privado/público y cumplir metas de sostenibilidad y Objetivos del Milenio establecidas en la cumbre de Johannesburgo en 2002. Con la cooperación de recursos internacionales, el MFE contribuye a reducir los niveles de pobreza en Colombia, mediante la cofinanciación de proyectos de infraestructura energética en el ámbito rural y periurbano, logrando el bienestar y el progreso de las comunidades más necesitadas del país.

1.4 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

El desarrollo de las fuentes alternas no solamente se ha logrado con la voluntad de las sociedades, sino que ha necesitado del desarrollo de reglamentaciones apropiadas (leyes, regulaciones, etc.) las cuales han sido aplicadas por los gobiernos de todo el mundo con éxito. En esta sección se presentan los tratados relacionados con las fuentes alternas hechos a nivel internacional, de igual forma se analizan las diferentes políticas que se han dado en el mundo, con el fin de percibir los adelantos que se han presentado en esta materia y que han permitido la implementación de fuentes alternas de energía.

1.4.1 Tratados internacionales

La preocupación por el calentamiento global se ha convertido en un problema de nivel mundial. Por tal razón en el ámbito internacional existen una serie de acuerdos relacionados con el cambio climático y el fomento de la aplicación de fuentes de energía limpias, para reducir las emisiones generadas por los combustibles fósiles.

1.4.1.1 Protocolo de Kioto

El 11 de diciembre de 1997, los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kioto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios de dichos países pactaron reducir en un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004 (IPSE, 2010).

El objetivo principal es disminuir el cambio climático de origen antropogénico cuya base es el efecto invernadero, puesto que según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí a 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como Calentamiento global. La Comisión Europea sobre Kioto señala que estos cambios repercutirán gravemente en el ecosistema y en nuestras economías (IPSE, 2010).

El protocolo señala específicamente que, con el fin de promover el desarrollo sostenible, las partes aplicarán y seguirán elaborando políticas y medidas como la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales (IPSE, 2010).

1.4.1.2 Libro Blanco

Hace referencia al cambio climático que está provocando un aumento de las temperaturas y modificando la cantidad y los regímenes de las precipitaciones, lo que tendrá como efecto una elevación media global del mar, la aparición de riesgos de erosión en las costas y un probable agravamiento de las catástrofes naturales ligadas al clima, trayendo consigo repercusiones importantes en ámbitos como la industria, el aprovisionamiento de alimentos, la sanidad, los transportes y la integridad de los ecosistemas, con consecuencias económicas y sociales (Comisión de la Unión Europea, 2009).

Ante el cambio climático se requieren dos respuestas: por un lado medidas de mitigación que permitan reducir las emisiones de gases efecto invernadero y por el otro, hay que actuar para hacer frente a los impactos inevitables que ya se han generado, es decir, medidas de adaptación que permitan al planeta recuperarse de los efectos de los gases efecto invernadero que ya están en la atmósfera (Comisión de la Unión Europea, 2009). En este sentido, el Libro Blanco establece un marco para reducir la vulnerabilidad de la Unión Europea (UE) al impacto del cambio climático.

1.4.1.3 Libro Verde

Constituye una etapa importante en el desarrollo de una política energética de la UE. En él se presenta una estrategia para que la comunidad europea logre una energía sostenible, competitiva y segura; adicionalmente, recoge la nueva realidad con que se encuentra Europa en cuanto a la energía, plantea cuestiones para el debate y sugiere posibles medidas a nivel europeo (Comisión de la Unión Europea, 2006).

1.4.2 Implantación de políticas a nivel internacional

Muchos gobiernos han desarrollado políticas orientadas a promover las fuentes alternas de energía; sin embargo, antes de entrar a definir cuales políticas son más apropiadas, es importante determinar cuáles son los intereses y las necesidades de estos gobiernos en el momento de definir las políticas. En este orden de ideas se presentan seis asuntos que pueden condicionar el desarrollo de las fuentes alternas y los incentivos presentes en un país:

- El primer asunto a considerar es el relacionado con el costo de los recursos energéticos convencionales, mientras más costosos sean éstos, existirán más incentivos para buscar recursos alternos o sustitutos de acuerdo con la lógica económica.
- El segundo asunto se relaciona con la dependencia energética de los países. Algunos de los países desarrollados (especialmente en Europa y Asia) tienen pocos recursos energéticos convencionales; por lo tanto, se ven forzados a importarlos y pagar precios cada vez mayores por éstos. Bajo estas condiciones es apenas lógico que un país se preocupe por buscar fuentes alternas que garanticen un adecuado suministro de energía y que minimicen la dependencia de recursos externos. Aquellos países que tengan abundancia de recursos convencionales (cuencas con gran potencial de aprovechamiento hidroeléctricos, yacimientos de hidrocarburos, etc.) no sentirán tanta presión por buscar fuentes alternas.
- Un tercer asunto es la necesidad de proveer energía a toda la población. Este problema se presenta especialmente en los países en vías de desarrollo con grandes extensiones de tierra sin suministro eléctrico, como es el caso colombiano. La gran mayoría de los países desarrollados tiene resuelto el asunto de provisión de energía a la población, puesto que sus sistemas eléctricos han tenido mayor inversión y desarrollo.
- El cuarto asunto analizado es la configuración de los sistemas eléctricos. El modelo de suministro que ha imperado hasta el momento se ha basado en una

generación centralizada (se genera energía en grandes proyectos y luego esta se transporta hasta los centros de consumo), mientras que en los últimos años han aparecido desarrollos tecnológicos que han permitido la redefinición del esquema para orientarse a una generación distribuida (se genera cerca de los centros de consumo). En este esquema, la red eléctrica deja de ser necesaria, convirtiéndose más bien en un respaldo para los consumidores en caso de que la solución distribuida presente problemas temporales.

- El quinto asunto tiene que ver con la posición de cada estado frente al modelo económico de desarrollo del sector eléctrico. En este sentido algunos países han decidido crear mercados de electricidad para promover la competencia y la participación del sector privado, mientras que por el contrario otros países han decidido mantener un control estatal absoluto del sector eléctrico. Entre estos dos tipos de extremos existe gran variedad de configuraciones en las cuales, se crea un marco regulatorio para velar por la eficiencia económica de las actividades de los mecanismos de mercado o de la intervención estatal para controlar fallos de los mercados (monopolios naturales, oligopolios, externalidades, etc.). El grado de intervención estatal en el sector eléctrico puede ser determinante en el momento de diseñar políticas de fomento a nuevas fuentes o tecnologías.
- El sexto aspecto a considerar se refiere a los intereses de desarrollo y competitividad de los países. En este sentido la política o incentivo puede estar orientada a aprovechar una fuente o fabricar una tecnología en la cual el país tenga ventajas competitivas y comparativas, facilitando su exportación y por ende generación de ingresos para el país. Es así como los países que tienen industria fabricante de equipos de energía renovable tienen un incentivo especial por apoyarla.

Una vez analizados estos aspectos, los cuales tienen cierta independencia entre sí, es fácil entender que cuando se conjugan varias condiciones especiales existe una justificación para apoyar el desarrollo de las fuentes alternas; mientras que con otro tipo de combinaciones, se puede identificar porqué no existe tanto apoyo, o porqué es conveniente enfocarse en nichos especiales para el desarrollo de las nuevas fuentes.

1.4.2.1 Mecanismos de política usados a nivel mundial

Los mecanismos de fomento a la energía eléctrica renovable se pueden clasificar en cuatro categorías: políticas obligatorias, económicas, de gestión, operación y de investigación y desarrollo, como se ilustra en la tabla 1-3. Los mecanismos no son mutuamente excluyentes y algunos de ellos pueden ser complementarios.

Tabla 1-3. Clasificación de políticas de incentivos a energías renovables

| Clasificación | Instrumento Político |
|---|--|
| Políticas Obligatorias | Regulación y Reglas Generales Obligaciones/Portafolio Estándar |
| Políticas Económicas | Incentivos tributarios Precios Garantizados/Feed In Subsidios, concesiones o reembolso de capital Financiación por Terceros Impuestos a los combustibles Fósiles |
| Políticas de Investigación y Desarrollo | Investigación y Desarrollo |
| Políticas de Gestión y Operación | Sistemas de Licitación Compras del Gobierno Sistemas de Precios Verdes Certificados Comerciables de Energía Renovable – CER Programas Voluntarios Conciencia Pública Energización Rural Medición neta |

Fuente: [Botero et al., 2007]

- Políticas obligatorias. Las políticas obligatorias son medidas que impone el gobierno a ciertos agentes del mercado. Este tipo de políticas son de carácter general y sientan las bases para el cumplimiento de objetivos más específicos. En esta división se tienen dos instrumentos específicos:
 - Regulación y reglas generales: este instrumento se refiere a cómo un país orienta su política energética general y dentro de ésta, se define la política con respecto a las energías renovables.
 - Portafolio estándar: en el portafolio estándar de renovables o sistema de cuotas u obligaciones se tiene en cuenta que la energía renovable debe participar de un porcentaje determinado de la generación o del consumo de energía en un país (Berry et al., 2001).
- Políticas económicas. Las políticas económicas pueden a su vez ser subdivididas en dos clases principales. La primera se refiere a las políticas que proveen incentivos económicos para el desarrollo de energías renovables, la segunda clase está relacionada con las políticas que proporcionan obstáculos y desincentivos a las fuentes convencionales de energía. Entre las estrategias que motivan la implementación

de energías alternativas y limpias se mencionan los incentivos tributarios, precios garantizados/feed in (Este mecanismo ofrece a los desarrolladores de energía renovable un precio garantizado de venta de la energía), subsidios, financiación por terceros (arreglo financiero donde el gobierno asume un riesgo, mientras que un tercero aporta fondos propios) e impuestos a combustible convencionales de origen fósil.

- Políticas de investigación y desarrollo. Este tipo de política está relacionada con el apoyo directo que dan los gobiernos para apoyar la investigación y el desarrollo de las tecnologías de energía renovable. Como la investigación se realiza en la primera etapa del desarrollo tecnológico, estas políticas no ofrecen beneficios directos o económicos de corto plazo, pero son diseñadas para producir resultados científicos. Aunque se trate en sí de un solo instrumento de política, por su naturaleza es clasificado como un instrumento diferente de todos los demás.
- Políticas de gestión y operación. Este tipo de instrumentos políticos incluye mecanismos de tipo más operacional que los anteriores, es decir, los gobiernos usan métodos de gestión administrativa y mecanismos de mercado para que se desarrolle la energía renovable y la generación distribuida. Cabe anotar que en esta categoría se incluyen tanto acciones directas del gobierno, como aquellas en las que se recurre al libre albedrío de los agentes del mercado.
 - Sistemas de licitación o competencia: es un esquema de competencia donde el gobierno otorga un subsidio a un inversionista privado a través de un proceso de licitación para cubrir parte de sus costos y estimularlos para el desarrollo de las energías renovables. De las propuestas que se presentan, se selecciona el proyecto con más bajo costo de generación. Un componente importante de este mecanismo es que induce a la competencia durante todo el proceso de inversión, construcción y operación de los proyectos de energías renovables.
 - Compras del gobierno: en este mecanismo el gobierno usa su potencial como consumidor de energía (edificios, instalaciones, etc.) para invitar a potenciales vendedores a que le ofrezcan energía proveniente de fuentes renovables, favoreciendo la adopción de las nuevas fuentes, sin embargo normalmente se paga un sobre costo que podría ser usado en otras actividades gubernamentales que pudieran considerarse de mayor prioridad. Esta discusión es especialmente relevante en los países en vías de desarrollo, los cuales buscan racionalizar sus gastos para poder orientar recursos a resolver las necesidades básicas insatisfechas (alimentación, vivienda, etc.)
 - Sistemas de precios verdes: este sistema permite la compra de electricidad limpia de una fuente de energía renovable. El objetivo de este sistema es

permitir a los usuarios soportar, en gran proporción, la inversión en energía renovable de la Empresa de Servicios Públicos (E.S.P.) Normalmente la E.S.P. carga una prima al consumidor por este servicio. Los usuarios participantes típicamente están de acuerdo en pagar una prima en su factura eléctrica para cubrir el costo adicional de las energías renovables. Un sistema de precios verdes es voluntario para los clientes.

- **Certificados comerciables de energía renovable (CER):** los certificados permiten a las empresas y a las personas apoyar la generación de energía eléctrica renovable (Gillenwater, 2008). Los CER son pues un mecanismo que facilita el seguimiento y registro de la energía renovable producida. La principal ventaja de estos certificados es que evitan los costos de programar la generación y el costo de entrega de la energía (costos de transmisión). Desde la perspectiva del consumidor, la ventaja de los certificados es que éstos hacen posible el apoyo a las energías renovables, sin importar dónde están localizadas o cuán lejos se encuentren de las plantas de generación.
- **Programas voluntarios:** se considera programa voluntario porque los proveedores no están forzados por ley a participar en este esquema, sin embargo es probable que encuentren algunos beneficios por hacerlo. En muchos casos este instrumento se complementa con el de precios verdes. Una variante de este instrumento son los programas de etiquetado verde. En éstos los proveedores de energía acceden a ser auditados por una entidad independiente, y recibir una certificación o etiqueta de que su energía proviene de fuentes renovables.
- **Conciencia pública:** este instrumento consiste en programas que hace el gobierno con el fin de crear e incrementar la conciencia pública sobre las oportunidades y beneficios de las tecnologías de energía renovable. Entre estos se puede mencionar los programas de educación y difusión de información sobre las fuentes renovables. Este tipo de incentivo representa un gasto del gobierno en una actividad sobre la cual resulta difícil medir un retorno inmediato, sin embargo en el largo plazo esta generación de cultura y concientización puede tener buenos resultados en el largo plazo.
- **Energización rural:** la aplicación de las energías renovables está destinada también a aquellas regiones que no cuentan con sistemas de distribución eléctrica, ni lo contarán a largo plazo, debido al alto costo que puede requerir el montaje del sistema completo o de las líneas de transmisión. La utilización de las energías renovables en las actividades rurales y agrarias tiende a la generación in situ de la electricidad, lo que hace su aplicación sumamente racional debido a la escasa densidad de usuarios de tales regiones, gran separación, y muchas

veces existencia de accidentes naturales como montes, cordilleras, selvas, lagos, ríos, etc. En términos de política, la energización rural no es un instrumento político único, sino que es la base para una estrategia en la cual se conjugan diferentes instrumentos de fomento (Moonga, 2006)

- **Medición neta:** en términos sencillos permite a los clientes generar su propia electricidad, "depositando" en la red los excedentes y "retirando" energía desde la red cuando los requerimientos sean mayores que la producción. Bajo este mecanismo se emplea una métrica para determinar la energía que se entrega a la red, mediante flujos de entrada o salida de electricidad; este tipo de operaciones puede ser realizado utilizando contadores "bi-direccionales" simples. Este instrumento es especialmente útil para aquellas tecnologías que producen energía renovable e intermitente como son: la solar fotovoltaica y la eólica, y para sistemas de autogeneración y cogeneración que pueden generar excedentes de energía a ciertas horas del día. El gran beneficio de este incentivo es que contribuye a la diseminación de la generación distribuida, disminuyendo los riesgos inherentes a la generación centralizada, pero a la vez requiere de grandes inversiones para balancear la red, y se debe solucionar el asunto del desfase de precios entre las horas del día.

1.4.2.2 Aplicaciones en países

Para desarrollar de forma apropiada una política de desarrollo de fuentes alternas, la experiencia ha demostrado que no basta con aplicar tan solo uno de los instrumentos anteriormente descritos, sino más bien en hacer combinaciones de éstos. Es así como cada país ha implantado diferentes mecanismos debido a las particularidades relacionadas con los aspectos mencionados al comienzo de esta sección. Sin embargo resulta muy engorroso entrar a analizar en detalle las políticas desarrolladas. Más bien y a manera de resumen se presenta la Tabla 1-4, en donde se señalan los tipos de instrumentos que han aplicado en el mundo.

Si se compara los instrumentos presentados en la Tabla 1-4, se puede concluir que en Colombia sólo se tienen cuatro instaurados, los cuales han sido explicados a lo largo del presente capítulo, repasando son:

- Regulación y reglas generales.
- Créditos tributarios, exenciones o reembolsos.
- Investigación y desarrollo.
- Electrificación rural.

Tabla 1-4. Instrumentos de política de apoyo a energías renovables aplicados por país.

| | Sistemas de licitación o de competencia | Impuestos a los Combustibles Fósiles | Precios Verde | Certificados Comerciables de Energía Renovable | Garantizar Precio-Feed in | Incentivos Tributarios | Subsidios, concesiones o reembolso de capital | Conciencia Pública | Compras del Gobierno | Programas Voluntarios | Financiación por terceros | Investigación y Desarrollo | Electrificación Rural | Medición Meta | Obligaciones/Portafolio Estándar | Regulación y Reglas Generales |
|-----------------|---|--------------------------------------|---------------|--|---------------------------|------------------------|---|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Alemania | X | X | X | X | X | X | X | | X | | X | | | | | |
| Austria | | | | X | X | X | X | | | X | | | | | | X |
| Australia | | X | X | X | | X | X | | X | | | | | | X | |
| Bélgica | | | | X | X | X | X | | | | | | X | X | | |
| Canadá | X | | | X | X | X | X | X | | | | X | X | X | X | |
| Chipre | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Dinamarca | | X | | X | X | X | | | | | X | | X | | | |
| España | | | | X | X | X | X | X | | X | | | | | | |
| Estados Unidos | * | * | X | * | X | X | X | X | X | * | * | | X | | | |
| Estonia | | | | X | X | | | | | | | | | | | |
| Filandia | | | | X | | X | | | X | | | | | | | X |
| Francia | X | | | X | X | X | X | | | X | X | | | | | |
| Grecia | | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Hungría | X | | | X | X | | | | | | | | | | | |
| Italia | | | | X | X | X | | | X | | | | X | X | | |
| Inglaterra | | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Irlanda | X | | | X | X | X | | | X | | | | | | | |
| Israel | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Japón | X | | | X | | X | | | X | | | | X | X | | |
| Korea | | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Noruega | X | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Países Bajos | | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Portugal | | | | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Polonia | X | | | | | X | | | | | | | | | X | |
| Reino Unido | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Suecia | | X | | X | | | | | X | | | | | | | |
| Suiza | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | X | |
| Reino Unido | | | | | | | | | | | | | | | | |
| República Checa | | | | X | X | X | X | | | | | | X | | | |
| Argentina | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| Brasil | | | | X | X | | | | | X | | X | | | | |
| Camboya | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| China | X | | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| Costa Rica | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Guatemala | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| Filipinas | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| India | X | | | | X | X | X | | | X | | X | | | | |
| Indonesia | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Jamaica | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| México | | | | | X | | | | | | | | X | | X | |
| Nicaragua | | | | X | X | | | | | | | | | | | |
| Paraguay | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Perú | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Tailandia | | | | X | | X | | | | | | | X | X | | |
| Turkya | | | | X | | X | | | | | | | | | | |

Fuente: BOTERO et al., 2007

En términos absolutos este es un número pequeño, sin embargo también se debe tener en cuenta que este país dispone de gran cantidad de recursos convencionales (incluyendo los grandes proyectos hidroeléctricos y la disponibilidad de combustibles fósiles), situación que no se presenta en otros países.

1.4.2.3 Aplicaciones en el mundo y Colombia

Con base en lo visto anteriormente, es perfectamente entendible la razón por la cual países europeos como España y Alemania tienen políticas agresivas de fomento a las fuentes alternas en los sistemas centralizados. Primero que todo Europa tiene compromisos para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, estas condiciones se resumen en que los precios de las energías convencionales han ido incrementando con el tiempo, estos países no tienen estos recursos por lo cual tienen que importarlos, adicionalmente tienen industrias fabricantes de equipos de fuentes alternas con alto grado de desarrollo y competitividad.

Adicionalmente, los gobiernos europeos tienen un alto grado de intervención en el sector eléctrico (aunque hay una tendencia a integrar y abrir los mercados, pero se ha encontrado con muchas barreras políticas y estructurales), se considera que están dadas las condiciones para apoyar tanto grandes proyectos de generación centralizada como de generación distribuida, subsidiando las fuentes alternas. Es importante notar que en la práctica estos países no tienen zonas aisladas puesto que el cubrimiento territorial de las redes es casi total.

Para el caso de España es importante resaltar que hace aproximadamente 30 años no existían aplicaciones con fuentes no convencionales de energía y con el surgimiento de leyes e incentivos gubernamentales se ha posicionado como el líder a nivel mundial. Uno de los principales incentivos es la prima de financiación para energías renovables, el valor de este incentivo tiene un aumento anual según el mismo decreto.

Israel es el único país con una política, a nivel nacional, que obliga a las nuevas edificaciones a disponer de agua caliente obtenida de la energía solar, por lo tanto desde 1980, muchos hogares de Israel disponen de colectores de energía solar para tal fin. Adicionalmente, se definió a la energía solar térmica de concentración como un componente estratégico para el sector eléctrico; por tal motivo, desde el año 2006 se implementó incentivos por tarifa para la electricidad generada en centrales solares térmicas de más de 20MW con respaldos de combustible fósil inferior al 30% y desde el 2007 se impulsó la construcción de dos centrales térmicas termosolares de 80 y 125MW y una central fotovoltaica con una potencia instalada de 15MW.

Turquía cuenta con gran potencial de recursos hidráulicos, eólicos, geotérmicos, biocombustibles y solares comparados con el promedio europeo. El potencial solar de Turquía es de cerca de 130 TWh por año, con base en esto el gobierno promulgó en 2005 la ley de incentivo al uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica, con la que se introdujo tarifas reguladas para la electricidad generada a partir de fuentes no convencionales de energía, se espera que para el 2020, Turquía alcance una generación de 4,2 TWh por año a partir de energía solar.

El gobierno indio estima que con instalaciones en solo el 1% de la tierra firme de la India, se podrían cubrir las necesidades energéticas propias hasta el 2030. Por lo tanto, se cuenta con un plan de acción nacional sobre el cambio climático, en el que se tiene medidas específicas que van desde la investigación hasta la disminución de los costos de operación y mantenimiento, de allí se crea un centro de investigación sobre energía solar para lograr la meta de generar en el 2017, 1000 MW de energía solar térmica de concentración instalados.

Por otra parte, un país como Colombia ha encontrado que un nicho para desarrollar las fuentes alternas son las zonas no interconectadas. Esto se explica por el hecho de que existe un mercado mayorista de energía en el cual hay abundancia de fuentes convencionales (especialmente hidroeléctricos y algunas térmicas) con los cuales las energías alternas son poco competitivas en términos de precio, además de una orientación a evitar el sesgo tecnológico en el mercado.

Estas últimas condiciones limitan la entrada de grandes proyectos centralizados de generación de energía con fuentes alternas, mientras que se ha desarrollado una política especial para las ZNI que favorece las fuentes alternas puesto que se permite sesgo tecnológico, además tiene mucho sentido económico aprovechar los recursos de cada región aislada, ya que el suministro de energías convencionales (especialmente diesel) es de un costo muy alto. Debido a que son proyectos con demandas relativamente pequeñas, se han abierto las posibilidades para aprovechar tecnologías de generación distribuida en las cuales no existe la posibilidad de tener una red eléctrica de respaldo.

En términos generales los programas de energización para zonas aisladas han originado oportunidades de desarrollo e implementación de fuentes renovables de generación de energía en países que se encuentran en vía de desarrollo. Las zonas aisladas suelen disponer de recursos naturales y energéticos (radiación solar, viento, océano etc.) y ello, maximiza la oportunidad de generar energía con nuevas tecnologías que aprovechen esos recursos y que a la vez se presenten márgenes de utilidad atractivos, es decir que los costos de generar electricidad con fuentes no convencionales sean competitivos frente a la opción de utilizar fuentes convencionales como petróleo, diesel o carbón.

En países en desarrollo el interés por promover la generación distribuida a partir de fuentes no convencionales es poco evidente, como consecuencia de que estos países generan electricidad a gran escala, tienen grandes proyectos y muy centralizados de generación de energía que aún sustentan la demanda energética, tal es el caso de las grandes hidroeléctricas que son la principal fuente de energía en países como Colombia y Brasil.

1.5 CONCLUSIONES PRELIMINARES

Para que un país pueda desarrollar una política de apoyo a las fuentes alternas, no basta con la buena disposición de un gobierno o con la preocupación de sus habitantes. Es necesario establecer un marco legal apropiado en el cual se incentive estas fuentes y se establezcan instituciones que puedan implementar las políticas de energización. Sin embargo, cada país también debe analizar detenidamente su situación energética, para definir claramente cuáles son sus prioridades de desarrollo con respecto a la matriz energética.

Colombia es un país que tiene gran disponibilidad de fuentes de energía, tanto renovables como no renovables, a la vez tiene un marco legal sólido que incluye aspectos institucionales, regulatorios, ambientales y tributarios, para facilitar el aprovechamiento de estas fuentes y contribuir al desarrollo del país buscando minimizar el impacto al medio ambiente. Por otra parte, existen grandes necesidades de desarrollo específicamente en las zonas no interconectadas, para este fin el gobierno colombiano ha creado el IPSE, el cual promueve el uso de fuentes limpias para la generación de energía buscando mayor eficiencia de los recursos y minimizar el impacto ambiental que se causaría utilizando fuentes convencionales.

Dentro de sus esfuerzos, el IPSE ha creado varios centros de innovación tecnológica con el fin de desarrollar las tecnologías alternas más apropiadas para cada región. Se espera que los proyectos pilotos que han desarrollado en estos centros demuestren viabilidad y eficiencia para de esta forma sean rápidamente replicados en las diferentes zonas aisladas en las cuales el recurso energético es escaso.

A nivel mundial se han presentado experiencias positivas en el fomento de las fuentes no convencionales de energía por medio de gran diversidad de instrumentos políticos (incentivos tributarios y mandatos regulatorios, etc.). Todos los gobiernos preocupados por este desarrollo han trabajado en la expedición de una serie de regulaciones e incentivos que les permitan incrementar su oferta energética a partir del uso de este tipo de recursos. Sin embargo, antes de entrar a analizar las políticas desarrolladas, se deben considerar las condiciones específicas de cada país, puesto que se han identificado diferentes aspectos que pueden favorecer los incentivos a las energías alternas.

En el caso colombiano, a diferencia de otros países, existen fuentes de energía convencionales, lo cual hace poco competitivas las energías alternas en el sistema interconectado. Esta situación se ve reforzada con el hecho de que el país ha tomado una orientación de favorecer los mecanismos de mercado para la generación de la energía, bajo un criterio basado en minimización de los precios. Adicionalmente el sector eléctrico tiene muy pocas emisiones de efecto invernadero debido a la abundancia de proyectos hidroeléctricos.

Dadas estas condiciones, el país ha encontrado un nicho para desarrollar las energías alternas en las zonas no interconectadas, que representan el 60% del total del territorio pero una población muy dispersa. Además las zonas no interconectadas tienen un régimen especial en el que se facilitan las condiciones para el desarrollo de fuentes alternas, por una parte la energía convencional preponderante (motores diesel) resulta muy costosa, haciendo competitivas las soluciones que aprovechen los recursos naturales de cada región (sol, viento, biomasa, etc.), además en el marco institucional existe un régimen especial en el cual se puede facilitar el desarrollo de estas fuentes.

2. CARACTERIZACIÓN DEL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA CON ÉNFASIS EN GASIFICACIÓN

Las zonas objetivo en las cuales se implementan las tecnologías de producción de energía por parte del IPSE, tiene como característica fundamental estar por fuera del área de cobertura del sistema de interconexión eléctrica nacional. Son poblaciones que están alejadas de los centros que concentran la mayor población, no cuentan con un desarrollo industrial, no poseen una demanda de energía que permita la recuperación de la inversión que significaría la extensión de las redes eléctricas. En este capítulo se presenta una descripción de la ubicación espacial, las características socioeconómicas y culturales de la población y los recursos energéticos disponibles del centro.

Los estudios realizados por las comisiones multidisciplinarias conformadas por el gobierno nacional muestran una relación directa entre cobertura en materia energética, el Índice de Condiciones de Vida y el Índice Nacional de Desarrollo Humano, como se observa en los mapas de distribución en donde los departamentos con menor cobertura en materia energética presenta un menor nivel de calidad de vida de sus habitantes y por ende desfavorece el índice de Desarrollo Humano (figura 2-1). El gobierno nacional ha aunado esfuerzos a través del IPSE para llevar el motor de desarrollo a la región de Necoclí, donde no hay cobertura de la infraestructura energética.

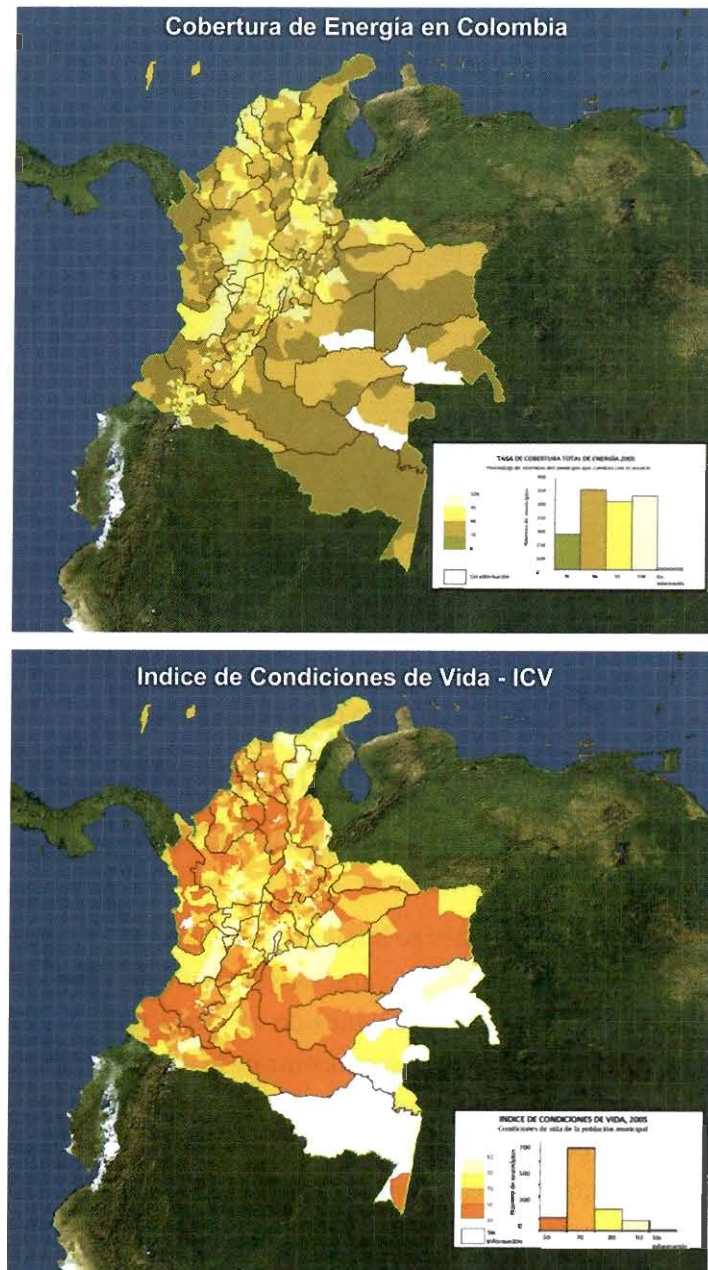


Figura 2- 1. Distribución de uso de energía y calidad de vida en Colombia.
Adaptado de SIGOT, 2005

2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

El municipio cuenta con un gran atractivo turístico representado en sus casi 100 km de playas en el caribe colombiano y su riqueza natural gracias a su sistema biológico. Siendo el municipio que más ha conservado su ecosistema en el Urabá norte antioqueño. Los manglares circundantes son refugio de cientos de aves migratorias como tijeretas, gaviotas, pelícanos, entre otros (figura 2-2).



Figura 2-2. Fotografías de la fauna de Necoclí.

Necoclí (figura 2-3) está dividido en 7 corregimientos: Pueblo Nuevo, El Totumo, El Mellito, Las Changuas, Zapata, Mulatos y Caricia. El corregimiento el Totumo está dividido en las veredas: Aguas Claras, Barro arriba, Casa Blanca, el Tigre, Indio Tulapa, la Caña, La Ceibita, La Joba, Nueva Luz, Yoki Cenizosa y Nueva Pampa. En la vereda Nueva Pampa fue donde se desarrolló el Centro de Innovación Tecnológico con énfasis en gasificación de biomasa leñosa.



Figura 2-3. Vista aérea del Municipio de Necoclí.

Las playas del corregimiento El Totumo son de una belleza seductora. En el horizonte, un gris azulado funde las estribaciones de la Serranía del Darién con el mar (elmundo.com). Y en la ribera, el marfil de la arena acoge un agua en tono de sepia que le dan las aguas del río Atrato, que van cayendo al golfo cargadas de madera (elmundo.com).

2.1.1 Ubicación espacial

El Totumo es un corregimiento del municipio de Necoclí en el departamento de Antioquia, Colombia. El territorio continental de la República de Colombia se encuentra ubicado en la esquina noroccidente de América del Sur, sobre la línea ecuatorial, en plena zona tórrida. A pesar que la mayor parte de su extensión se encuentre en el hemisferio norte, Colombia es equidistante con los dos extremos del continente Americano como se observa en la figura 2-4.



Figura 2-4. Ubicación espacial de Colombia.

Antioquia es uno de los 32 departamentos de Colombia, localizado en la zona noroccidental del país. Fue uno de los nueve estados originales de los Estados Unidos de Colombia. Su capital es Medellín, segunda ciudad en población y economía de la nación. Limita al norte con el mar Caribe y con el departamento de Córdoba; al occidente con el departamento del Chocó; al oriente con los departamentos de Bolívar, Santander y Boyacá; y al sur con los departamentos de Caldas y Risaralda. Antioquia es una de las entidades territoriales más antiguas de Colombia, fue creada en 1576 con el nombre

de Provincia de Antioquia, el cual conservó hasta 1856 cuando se conformó en Estado Soberano, posteriormente se convirtió en el actual departamento (1886).

El municipio de Necoclí está ubicado en el noroccidente del departamento de Antioquia, a orillas del mar Caribe, en la margen oriental del golfo de Urabá, sobre el valle aluvial del río Mulatos y al extremo de la serranía de Abibe (figura 2-5).



Figura 2-5. Ubicación espacial de El Totumo (Antioquia).

2.1.2 Vías de acceso

El municipio de Necoclí se encuentra aproximadamente a 120 Km del aeropuerto regional los Cedros del municipio de Carepa, cuya ruta es cubierta por la Aerolínea de Antioquia (ADA), AIRES y SATENA con vuelos desde Medellín – Necoclí. Las empresas que prestan el servicio de transporte terrestre son SotraUrabá S.A., Cootransuroccidente S.A. y Gómez Hernández S.A., con viajes desde la ciudad de Medellín.

También cuenta con vías terrestres parcialmente pavimentadas que comunican con los municipios de Turbo hacia el sur y San Juan hacia el norte, y se comunica con la capital del departamento a través del municipio de Turbo por la vía del occidente antioqueño. Y por vía marítima, existe desde Turbo transporte acuático regular a Necoclí.

2.1.3 Ecosistema

La influencia de los vientos alisios que a través del golfo ascienden hacia el norte favorece condiciones de aguas poco salinas que junto con las características geomorfológicas propician paisajes de gran belleza escénica, de humedales de influencia marina, entre éstas, están: las ciénagas La Marimonda y El Salado, y estuarios como la ensenada de Río Negro (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí) Playones formados por la sedimentación marina que han conformado extensas barreras de arena donde se asocia una vegetación alineada a lo largo de las mismas, especialmente en las extensas playas del cerro El Águila, Cabañas y los playones de Bobalito (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí).

Según la zonificación ecológica presentada en el mapa de formaciones vegetales de Colombia (IGAC, 1977), que por las condiciones climáticas húmedas propias del área de influencia del golfo de Urabá, las formaciones ecológicas que se encuentran allí, son: bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano en la zona de transición cálida y hacia el norte, en las áreas del sistema de humedales de La Marimonda y la ensenada de río Negro, bosque seco tropical (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí).

Para el municipio de Necoclí, el 14,2% de sus suelos están sujetos a inundaciones periódicas debido al nivel freático superficial, el 13% tiene drenaje imperfecto, baja fertilidad y requieren obras de drenaje para el establecimiento de cultivos, y el 15% de los suelos admiten uso agrícola y pecuario, son susceptibles a la erosión, por lo tanto requieren prácticas especiales de manejo (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí).

En la zona rural se encuentran 14 volcanes de lodo que se cree que cuenta con propiedades medicinales. El más conocido es el volcán de La Hacienda Virgen del Cobre a 2 kilómetros de la cabecera municipal. Otros volcanes son La Cenizosa, el Carlos, y El San José de Mulatos, el cual está en constante erupción. La cascada, el Carlos, ubicada en la vereda del mismo nombre a unos veinte minutos de la localidad en la vía hacia turbo, es un sitio rico en belleza natural. Las playas del Totumo localizada sobre la carretera al mar en el km 13, cuentan con una amplia vegetación compuesta por especies nativas como manglares y robledales.

2.1.4 Relieve

Los 1360 km² de extensión del municipio de Necoclí tiene una topografía de predominio plana, con ensenadas y bajos, presentando al sur y sur- este el municipio colinas suaves que son estribaciones de la serranía de Abibe. El municipio es dueño de 95 km de playas en el mar Caribe, que forman la entrada del mar al golfo de Urabá.

El municipio hace parte de la cuenca hidrográfica del Sinú – Caribe. Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1963, Bogotá), cuenta con un río principal, el Mulatos que se extiende de norte a sur a través de todo el municipio, desembocando al norte en el mar Caribe, además tiene tres quebradas menores que desembocan en el mar Caribe por el occidente distribuidas a lo largo de la costa oeste, pero que no forman parte de la red hídrica del municipio, ya que desembocan más abajo de la bocatoma de abastecimiento, y una laguna de 220 hectáreas aproximadamente, hacia el noreste se encuentra una ciénaga de alrededor de 1000 hectáreas, conectada con el mar con una quebrada que desemboca en la costa norte (Plan de Desarrollo 2008-2011 pág. 152, Necoclí).

El 46% del área del municipio tiene relieve fuertemente inclinado a escarpado, el uso más adecuado es la producción forestal, aunque según la clasificación agrologica y debido a la complejidad y variedad del relieve, parte de éstas áreas que presentan pendientes inferiores al 25%, admiten actividad ganadera (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí). Se recomienda, para estas zonas, implementar sistemas silvopastoriles con adecuadas prácticas de manejo. El 11,9% de las tierras corresponden a humedales y ecosistemas estratégicos como manglares, ciénagas y la ensenada de Río Negro, que ameritan protección (Plan de Desarrollo 2008-2011, Necoclí).

La serranía de Abibe es el sistema que más influye en el clima dentro de 11.000 km². El clima de la región está también influenciado por los vientos alisios del norte y más fuertemente por los alisios del sur, éstos produce periodos alternos de mayor intensidad de lluvias, un pico alto en los meses de marzo-abril y otro igual, en los meses de septiembre – octubre, alternados con dos periodos de sequía, uno en diciembre – marzo y otro de mitad de año (Juntos Necoclí). La precipitación en la región oscila entre 1.450 mm por año en su parte norte y unos 3.500 mm por año en el sur, con un promedio de precipitación anual de 2.475 mm (Juntos Necoclí). La humedad relativa en el ambiente es de 95% en las horas de la mañana, 70% al medio día y 85% en la tarde. La temperatura puede oscilar entre 19 y 40°C, con un promedio de 27°C (Juntos Necoclí).

2.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES

El territorio que hoy ocupa Necoclí, antes de la conquista de América y de los primeros asentamientos españoles en tierra firme, estuvo poblado por los Caribes, pueblo guerrero con gran destreza en el manejo de las flechas y arcos que practicaban la antropofagia (urabaenlinea). De éstos, hacían parte varias etnias y provincias entre las que se encontraban los de Urabá, Urabaibe y Guaen, que poblaron el territorio comprendido entre Punta Caribana y el río Atrato (urabaenlinea).

2.2.1 Síntesis histórica

En tiempos prehispánicos, los Tule se extendían desde América Central hasta el Altiplano Cundiboyacense, y en sentido inverso, desde la serranía de Mérida en la República de Venezuela hasta el Océano Pacífico (Todacolombia). Aunque esta zona se mantuvo un tanto aislada del imperio español hasta el siglo XVII, los intentos, muchas veces fallidos, por establecer colonias en ella, dieron paso a un proceso de fuertes transformaciones que marcaron el devenir histórico de sus grupos étnicos (Todacolombia).

Para el siglo XVI, los Tule presenciaron la primera colonización del golfo de Urabá y el surgimiento de ciudades como Santa María la Antigua del Darién y San Sebastián de Buenavista, las cuales, de acuerdo a las crónicas, fracasaron como resultado de sus ataques. Más tarde, muchos indígenas fueron obligados a trabajar en la extracción minera (Todacolombia).

Durante la Colonia, los Tule se destacaron por el papel que jugaron en el comercio de cacao y pieles (Todacolombia). En el siglo XX, la explotación de tagua, caucho, raicilla y carey, seguida por la bonanza bananera y maderera, permitieron el auge colonizador que continuó vigente hasta hace pocos años (Todacolombia). Desde mediados de los cincuenta, se han visto afectados por las oleadas colonizadoras de migrantes provenientes de Antioquia y Córdoba, cuyas actividades se han centrado principalmente en el comercio. Hoy en día solamente las comunidades de Arquía y Caimán Nuevo, continúan en sus territorios ancestrales (Todacolombia).

En zonas cercanas a Necoclí se han hallado fragmentos de cerámica española e implementos de hierro mezclados con cerámica indígena, lo cual indica que se trata de asentamientos posteriores a la conquista. También, se han encontrado evidencias que muestran que los asentamientos corresponden a grupos agrícolas que se dedicaban principalmente a la explotación de recursos disponibles en la región, como la caza, la pesca y la agricultura.

2.2.2 Aspectos culturales

Necoclí es un municipio que posee una fuerte tradición histórica y un alto valor cultural, ya que en el lugar se conservan todavía algunos resguardos indígenas que constituyen un gran patrimonio científico y antropológico. Hoy en la zona confluyen gran variedad de razas y culturas como lo son los Zenúes y los Tule, que conservan muchas de sus costumbres y valores tradicionales, especialmente en aspectos como lengua, danza, vestido, alimentación y rituales (Alcaldía Necoclí). Además los resguardos de Caimán Nuevo y El Volao son declarados espacios de reserva municipal.

Composición étnica

En la vereda El Totumo se encuentra el asentamiento de la etnia Tule, que ha logrado mantener casi la totalidad de sus manifestaciones culturales tradicionales, su cosmovisión, su organización social la cual es dirigida por el Cacique y en especial, su lengua el Tule, pero también se habla el idioma español (Arango y Sánchez, 1997). Sin embargo, en su proceso histórico han adoptado y transformado distintos elementos culturales a su propia estructura social, en especial en lo referente a la religión (Todacolombia)

Los Tule son conocidos popularmente como los Cuna, su resguardo indígena se encuentra ubicado en Caimán Viejo, localizado en el corregimiento del Totumo, municipio de Necoclí. Se dedican a la agricultura del plátano y otros productos menores y tienen como uno de los principales medios de subsistencia la elaboración de artesanías comúnmente conocidas como Molas, que son telas superpuestas con figuras antropomorfas.

La Iniciación es un rito que tiene por objeto el reconocimiento de la mujer, el cual se celebra cuando la mujer presenta su menarquía, dándole la posibilidad de formar familia; en ese momento la tribu se reúne en los ranchos y celebran con una gran fiesta.

En su sistema de creencias, Paptumat es el creador del mundo y de las doce capas en que éste se divide. Sus especialistas mágico-religiosos tradicionales son tres chamanes, el primero encargado de la curación de enfermedades por aprendizaje, el segundo equipado de conocimiento por medio de un mensaje sobrenatural y los terceros especializados en la cura de epidemias. En sus ratos libres tejen las molas que en realidad representan diferentes motivos de sus leyendas, artesanías que toman un valor incalculable cuando salen de su entorno.

Prácticas tradicionales

■ En el municipio de Necoclí tienen tres fiestas típicas:

- El Festival Nacional del Bullerengue: fundado en 1988 por Benjamín Díaz Rodríguez. Este festival de carácter participativo más no competitivo, se realiza anualmente en el municipio. La convocatoria se realiza mediante el envío de cartas y visitas a los municipios costeros. Se realiza en el mes de octubre en el puente del día de la raza.
- Fiestas populares del coco: se realiza en el puente de reyes de magos, con fandanga, cabalgatas, toros y corraleja.
- Las fiestas tradicionales en el corregimiento del Totumo: integrando a sus veredas como Nueva Pampa, son la fiesta de San Isidro correspondiente al mes de marzo y el Totumo de Oro Encantado a finales de octubre. Sus bailes tradicionales son el Bullerengue, porro, vallenato. Sus comidas típicas son el pescado.

2.2.3 Aspectos sociales

Según el último censo realizado por el DANE (2005), El Totumo tiene 5.469 habitantes, y la vereda Nueva Pampa 161 habitantes distribuidos como se presenta en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Distribución de la población de Totumo por sexo.

| TOTUMO | |
|-------------|------|
| HABITANTES | 5469 |
| HOMBRES | 2744 |
| MUJERES | 2725 |
| VIVIENDAS | 1294 |
| NUEVA PAMPA | |
| HABITANTES | 161 |
| HOMBRES | 82 |
| MUJERES | 79 |
| VIVIENDAS | 47 |

Fuente: SISBEN, 2005

La etnia Tule presenta un patrón de poblamiento disperso a lo largo de los ríos y quebradas, sus asentamientos se caracterizan por la nucleación en aldeas. Es así, que la comunidad conformada por 869 habitantes se distribuyen en diferentes zonas del resguardo indígena Caimán Nuevo: en el Caimán Bajo se encuentran 186 hombres y 159 mujeres, en el Caimán medio 156 hombres y 170 mujeres, en el Caimán cerca a la carretera Necoclí – Turbo, 96 hombres y 102 mujeres (según el último dato censal que se tiene para la comunidad indígena Tule (Comunidad Tule, 2010).

El Índice de Condiciones de Vida del municipio de Necoclí es inferior a 50%. El 48,5% de hogares no cuenta con servicio de electricidad, y la cobertura de otros servicios básicos como acueducto, alcantarillado y telefonía son inferiores a este porcentaje. No hay servicio de gas domiciliario. La empresa prestadora de servicios públicos en Necoclí es Empresas Públicas de Medellín (SUI).

La mayoría de las viviendas (900) del corregimiento El Totumo se proveen de energía del sistema de interconexión eléctrica. Otras viviendas (137) usan querosene, ACPM o gasolina (SUI). También se presentan otro número de viviendas que son alimentadas por

la planta de gasificación de biomasa ubicada en la vereda Nueva Pampa. Sin embargo, existen 170 familias que carecen de acceso a alguna fuente de energía.

Los desechos que produce la población son incinerados en algunos casos, o bien son usados como abono y en casos extremos son depositados al aire libre en los campos (Escobar Paniagua, 2010)

El municipio de Necoclí cuenta para su sistema de acueducto con una fuente que ofrece la suficiente cantidad de agua para abastecer a la comunidad, que es la ciénaga El Salado. A nivel urbano cuenta con un sistema de acueducto operado por bombeo, desde la bocatoma hasta el tanque de almacenamiento, la distribución se hace por gravedad. Entre el tanque de almacenamiento y la bocatoma están conectados una gran cantidad de habitantes de la zona, como la vereda el Hoyito, San Sebastián, Caña Flecha y la urbanización de Alejandría (Plan de Desarrollo Necoclí, 2008-2011).

El corregimiento del Totumo dispone de una represa de agua lluvias alimentado por pequeños riachuelos y el río Caimán como fuente de abastecimiento del centro urbano. El sistema funciona por bombeo y llega a la red domiciliaria. En el área rural el abastecimiento es a través de represas, muy pocas veredas cuentan con sistema de acueducto y ninguno de las veredas en el área rural cuenta con tratamiento de aguas (Plan de Desarrollo Necoclí, 2008-2011).

La falta de acueducto se resuelve con la construcción de pozos para el suministro de agua como el caso de Nueva Pampa y en algunas viviendas se improvisan aljibes para recolectar el agua lluvia que cae en sus techos de zinc conduciéndolas por canaletas hasta los aljibes (figura 2-6), a estas aguas no se les practica ningún tratamiento de



Figura 2-6. Sistema artesanal de recolección de aguas lluvias.
Fuente: Banco de fotografías del municipio de Necoclí.

potabilización, sin embargo, algunas familias tratan de esterilizar el agua hirviéndola, debido a que, la forma en que se almacenan son expuestas a muchos agentes infecciosos (bien sea por excretas animales o humanas, basuras o pesticidas usados en la agricultura).

Un factor que ahonda el problema del suministro de agua potable es la falta de alcantarillado o medios de tratamiento de los desechos humanos y aguas servidas, lo cual supone un manejo inadecuado de las mismas, convirtiéndose en un foco de contaminación de las fuentes de agua, sumado a esto, son pocas las familias que tienen la costumbre de hervirla, creando las condiciones propicias para que las enfermedades parasitarias, diarreas y enfermedades gastrointestinales prosperen entre la población, sobre todo en la infantil.

La infraestructura en salud del municipio de Necoclí está formada por un hospital (hospital San Juan de Urabá) de primer nivel, propiedad del Estado, una IPS privada con servicios generales de salud en el casco urbano, nueve centros de salud, dos ubicados en corregimientos y siete en el resto del municipio, los cuales prestan servicios básicos de salud (www.necocli-antioquia.gov.co). El Totumo cuenta con un centro hospitalario en el casco urbano.

El Totumo cuenta con un cuerpo de policía que está integrado por 50 policías y un sargento, su función es principalmente la de realizar actividades de acercamiento comunitario y preventivo, al igual que la de contrarrestar los actos delincuenciales de cualquier tipo que puedan presentarse en esa jurisdicción.

Las viviendas están construidas básicamente en madera, con recubrimiento en tablas, machimbre, palmas y en algunos casos hay construcciones en ladrillos. El material que usa para el techo es principalmente láminas de zinc acanalada y palma africana, y muy pocas viviendas cuentan con láminas de eternit (figura 2-7). El piso, en la mayoría de los casos, es tierra apisonada sin cubrir, y en muy pocos casos, ésta se cubre con una capa de concreto, los cuales son frecuentes en el barrio Francisco Madera. La madera residual que llega a las playas es aprovechada en la elaboración de las viviendas, cercas, galpones y criaderos. Es importante resaltar la relación que la comunidad sostiene con el entorno, expresada en el aprovechamiento de recursos como la madera que llega a las playas, la palma africana y los árboles propios de la región.

Cuentan en el corregimiento del Totumo con dos placas polideportivas, una en la Institución Educativa El Totumo de uso interno de sus estudiantes, y otra en el casco urbano, allí la población practica softball y béisbol. Además, tienen en el corregimiento, un servicio de emisora, Necoclí estéreo, con cobertura en la zona urbana y rural; canales comunitarios como Leones TV, con señal al aire y circuito cerrado por televisión desde 2003, apoyado por la corporación comunitaria Tevecable de Necoclí y el Club Los Leones. Recientemente comenzando radio litoral. A nivel telefonía móvil el Totumo cuenta con cobertura Comcel y Tigo.

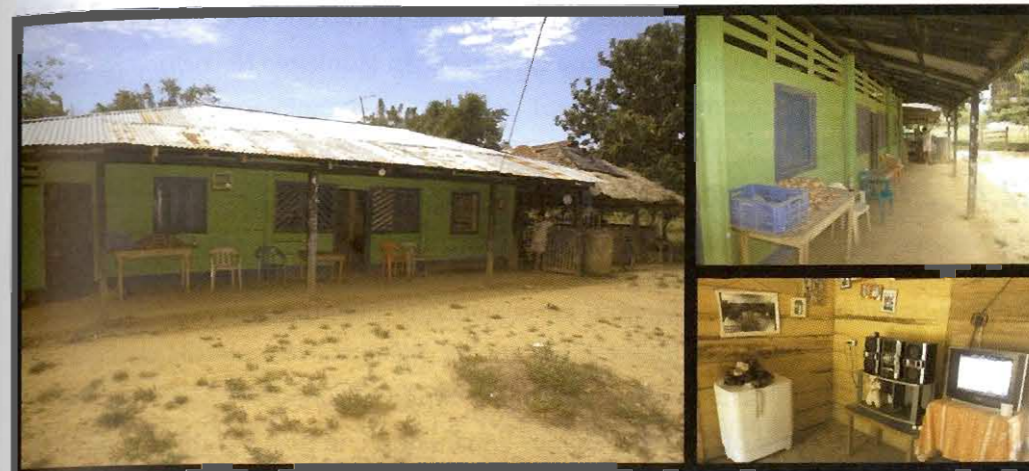


Figura 2-7. Casa de la vereda Nueva Pampa a orillas del río Caimán Viejo.
Fuente: Banco de fotografías del municipio de Necoclí.

Nivel educativo

El grueso de la población tiene un nivel educativo de básica primaria y secundaria o nunca ha ido a la escuela. Sin embargo, el nivel de alfabetismo en el municipio es del 88,6% para la zona urbana y del 76,1% en la rural. La infraestructura escolar cuenta con 15 instituciones educativas, 13 de ellas ubicadas en la zona rural, y 15 dependencias de estas instituciones que atienden el resto de la zona rural (Secretaría Educación Municipio Necoclí). Adicionalmente, se encuentran 7 instituciones educativas privadas con formación desde grado cero hasta el grado once. El acceso a la educación superior es limitado debido ya que no existen instituciones en el municipio, sin embargo existen convenios con instituciones de la capital del departamento y el SENA para dar acceso a los jóvenes a la educación superior.

En la zona urbana se encuentra la Institución Educativa Espitia Romero, de carácter público, para estudiantes de preescolar, básica primaria y secundaria. En la zona rural están las Instituciones educativas El Moncholo para niveles de primaria y secundaria, y El Arizal para primaria (Secretaría Educación Municipio Necoclí).

El Totumo cuenta con cuatro instituciones educativas: la principal localizada en su casco urbano, Institución Educativa rural el Totumo, que tiene hasta undécimo grado de bachillerato con 1596 estudiantes; Casa Blanca, también en el casco urbano, con 205 estudiantes; Nueva Estrella con 32 estudiantes; y Ceibita con 129 (Secretaría de Educación Municipio Necoclí). Las dos últimas sólo tienen hasta quinto de primaria. También se cuenta con Los Sabatinos para adultos en la Institución Educativa El Totumo con 197 alumnos, esta educación es pública. Las instituciones cuentan con restaurante escolar, salas de informática y educación formativa en todas las áreas: matemáticas,

ciencias, español, inglés, etc. Su planta principal de profesores es de 54 docentes, 4 directores y un rector general (Secretaría de Educación Municipio Necoclí).

2.2.4 Aspectos económicos

En el municipio de Necoclí, el turismo es la actividad económica de mayor potencial, especialmente por la gran extensión que tiene en playas, aquí muchas personas realizan ventas informales a los turistas que visitan las playas para generar ingresos. También se destaca la producción y venta de plátano, coco, maíz, arroz, ñame, frijol, yuca, entre otros. Seguido por la ganadería, la pesca en gran cantidad y en cuanto a artesanías sobresale la elaboración de manillas y tejidos indígenas.

2.2.4.1 Actividades económicas

La actividad económica en la zona urbana del municipio de Necoclí se concentra en el comercio con 52,6% de participación en la economía, seguido de los servicios que representa un 33,5% y la actividad industrial, la cual es baja con una participación de un 7%. En la zona rural la actividad predominante es la agropecuaria con un 75,3% de participación, estos núcleos productivos tiene una distribución en actividad agrícola con 56,8%, pecuaria con un 97,6% y piscícola con el 1,6% (DANE).

En el caso de la vereda El Totumo, hogar de la etnia "Tule", sus actividades económicas básicas son la horticultura, la caza, la pesca y últimamente la ganadería en pequeña escala. Sus cultivos principales son: el maíz, yuca, plátano, arroz, además caña, cebollín, tomate, cacao y ají (existe una cooperativa de productores de ají), también frutales como el coco, maracuyá, entre otros. En algunos casos se comercializan los productos. La ganadería es otra actividad importante en esta región, existe una amplia zona dedicada a los potreros, sin embargo la población que se lucra de esta actividad es muy poca, dándose una subutilización de las tierras en este sentido. La crianza y reproducción de animales también es pieza fundamental del sostenimiento de esta comunidad, sobresale la cría de cerdos, gallinas y cangrejas con fines comerciales (figura 2-8).

En la actualidad cultivan grandes extensiones de plátano, destinado a la exportación, aprovechando su localización en la Costa Caribe entre los municipios de Turbo y Necoclí, en el resguardo de Caimán Nuevo. También practican la cacería con escopeta, siendo las pavas, saínos, dantas, loros y ardillas, los animales de mayor consumo.

2.2.4.2 Empleo

En el municipio hay una alta tasa de desempleo debido a la baja capacidad económica del municipio para generar fuentes de empleo, los generadores del empleo, básicamente, son los entes gubernamentales y las pocas entidades privadas existentes.

Necoclí cuenta con la unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria UMATA conformada por el director, un auxiliar administrativo, y cuatro técnicos agropecuarios (www.necocli-antioquia.gov.co). Ésta tiene como objeto capacitar a la comunidad (162 veredas) sobre el manejo de sus cultivos para generar ingresos a la población desplazada por la violencia, lo cual se viene haciendo mediante una serie de proyectos realizados en convenio con el DAPARD, Acción Social y el municipio de Necoclí. Entre los proyectos más destacados se encuentran: capacitación sobre el manejo agronómico de cultivo de cacao, producción y comercialización de maíz en la vereda Villa Sonia, restauración y conservación de las condiciones ambientales de la ensenada Río Negro (www.necocli-antioquia.gov.co). Este último en convenio con la Secretaría del Medio Ambiente, Corpourabá y el municipio.

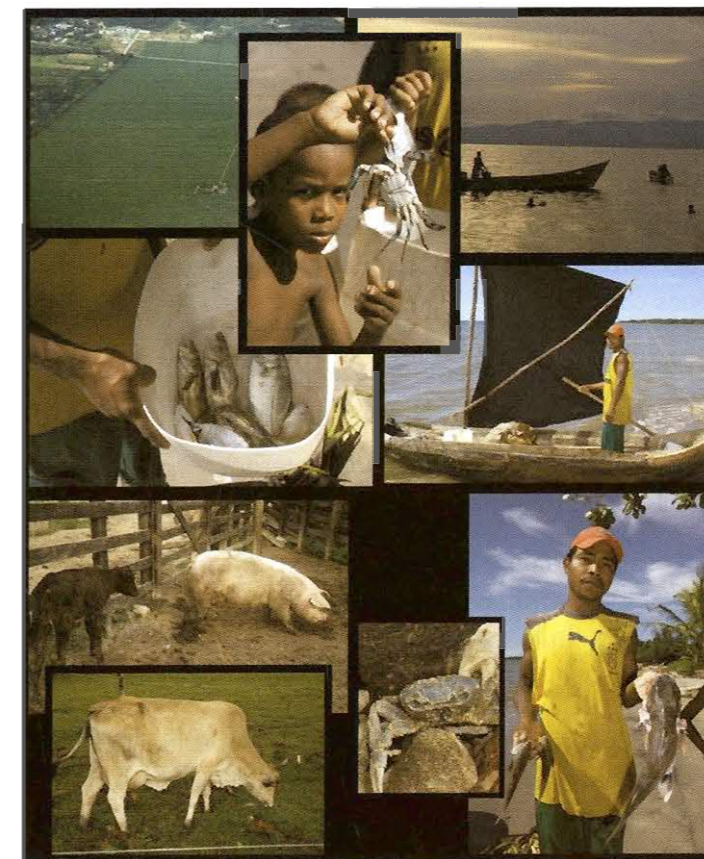


Figura 2-8. Cría de cerdos, peces y cangrejos en la comunidad
Fuente: Banco de fotografías del municipio de Necoclí

2.2.5 Aspectos políticos e institucionales

El municipio de Necoclí por medio de la administración local brinda la prestación de servicios básicos de la salud, educación, cultura, deporte, saneamiento básico, agua potable, vías, convivencia, buscando con esto desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida en sus habitantes. Para llevar a cabo esto debe cumplir y hacer cumplir la Constitución Nacional, la ley, los decretos, las ordenanzas y los acuerdos del Concejo municipal, conservar el orden público en el municipio de conformidad con la ley, las instrucciones y órdenes que reciba del presidente de la república y del respectivo gobernador(Necoclí). El alcalde es la primera autoridad del municipio

La autoridad principal que corresponde al corregimiento del Totumo está centralizada en el municipio de Necoclí y su alcaldía, estos se comunican a través de un promotor encargado de socializar la información de la alcaldía con el corregimiento.

El corregimiento del Totumo está organizado por Juntas de Acción Comunal (JAC), tanto en el casco urbano como en zona rural, además tienen un líder de todas las JAC.

Gobierno

El gobierno del municipio de Necoclí se rige de acuerdo a la Constitución Colombiana que se designa mediante elección popular asumiendo los compromisos de ley que implica la administración del ente político – administrativo. A nivel comunitario el municipio cuenta con organizaciones tales como las Juntas de Acción Comunal, consejos comunitarios, asociaciones gremiales entre otros, para un total de 143 organizaciones con vocería.

La Alcaldía está conformada por:

- El despacho del Alcalde: que es el encargado de ejercer las funciones que le asigna la constitución, la ley, las ordenanzas, los acuerdos y las que le fueran delegadas por el presidente de la república o gobernador (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Dirección Local de Salud y Bienestar Social: encargada de formular, ejecutar y evaluar los planes, programas y proyectos del sector salud y de bienestar social en armonía con las políticas y disposiciones del orden nacional, departamental y municipal (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Secretaría de Educación: encargada de dirigir, coordinar y liderar las actividades de la dependencia y las relaciones de ésta con instituciones del orden nacional, departamental, municipal, subregional y comunidad en general, para contribuir al desarrollo de los programas y proyectos que permitan disminuir los índices de analfabetismo, deserción escolar y rescatar valores culturales y deportivos propios del municipio (www.necocli-antioquia.gov.co).

- La Secretaría de Educación para la Cultura y el Deporte: encargada de elaborar planes, programas y proyectos tendientes al desarrollo, fomento y dinamización de la educación, la cultura y la recreación con el fin contribuir eficiente y adecuadamente al mejoramiento social y cultural de la población, empleando mecanismos participación y coordinación (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Secretaría de Gobierno: encargada de coordinar con entidades del orden municipal, departamental y nacional programas y proyectos relacionados con la preservación, conservación restablecimiento del orden público y el control de precios y medidas y velar por que éstas se cumplan (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Secretaría de Gobierno y Servicios Administrativos: que brinda apoyo en la formulación de políticas y en la determinación de los planes y programas de las secretarías a su cargo y de la administración municipal (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Secretaría de Hacienda: Encargada de consolidar un sistema de Información Financiero Integral para el municipio, el cual articule la información producida en las diferentes áreas: Presupuesto, Tesorería, contabilidad, rentas y administración financiera (www.necocli-antioquia.gov.co).
- La Secretaría de Planeación: Encargada de establecer procedimientos y mecanismos para la elaboración, ejecución, seguimiento, evaluación y control del plan de desarrollo y el esquema de ordenamiento territorial, en armonía con los planes nacional, departamental y metropolitano (www.necocli-antioquia.gov.co).

Necoclí también cuenta con Personería municipal encargada de ejercer el control administrativo del municipio, la guarda y promoción de los derechos humanos, la protección del interés público y la vigilancia de la conducta de quienes desempeñan funciones públicas.

Y además cuenta con el Comité de Desarrollo y Control de los Servicios Públicos como mecanismo de participación ciudadana encargada de vigilar que los prestadores de servicios públicos domiciliarios presten un servicio con cobertura y calidad necesaria para satisfacer las necesidades de los usuarios. Precedida por José Arango y con veedurías para la ejecución de proyectos sociales.

Dentro de la organización social de los Tule, la familia extensa uxorilocales es la unidad básica de habitación, producción y consumo. Generalmente está compuesta por una pareja, sus hijos e hijas solteras, las hijas casadas con sus esposos y sus descendientes. El hombre casado "sakka" tiene la mayor autoridad dentro de la familia. Su patrón de descendencia es bilineal, por lo que se consideran miembros del grupo del padre y de la madre. Utilizan el modelo terminológico clasificatorio. Como regla ideal de matrimonio, rige la endogamia étnica y la monogamia.

Su organización política es descentralizada. Cada comunidad tiene en la figura del Saira su vocero y juez. En la comunidad existe una asamblea tradicional encargada de la toma de decisiones importantes.

2.2.5.1 Áreas protegidas

Resguardo Indígena de Caimán Nuevo, comunidad Olo-Tule (kuna) conformada por 869 personas, a 22 kilómetros de la cabecera vía al municipio de Turbo, ocupa las veredas Caimán Viejo y Caimán Nuevo. El cual es considerado patrimonio cultural de la región y se encuentra desprovisto de cualquier tipo de explotación de tierras que pueda modificar el entorno y preservar la etnia de la región; El Volao, ubicado a 70 kilómetros vía Las Changas al municipio de Arboletes. La ensenada de Rionegro ubicada en la parte norte del golfo, se llega por vía marítima a una hora del municipio. Humedales y áreas inundables de las veredas marimonda, mulatos, marimonda el cerro, cabañas y el caballo. Estas zonas representan una gran riqueza en fauna: aves, mamíferos, reptiles y además de abundante flora, por lo que son denominadas por la administración local como "áreas protegidas" y de reserva natural (Plan de Desarrollo Municipio Necoclí, pág. 143).

2.3 OFERTA NATURAL

La oferta natural de recursos energéticos varía de región a región, ya que depende de su ubicación geográfica y del sistema climático. En Necoclí gracias a su ubicación y clima se cuenta con varios recursos energéticos, como: solar, eólica, agroenergía, biomasa en general e hidráulica.

2.3.1 Potencial solar

El Sol es la estrella más próxima a la Tierra, se encuentra a una distancia promedio de 150 millones de kilómetros y es su principal fuente primaria de luz y energía. La energía radiante del Sol es prácticamente la generadora de casi todas las formas de energías que se conoce y utilizamos como recursos primarios. Uno de los fenómenos naturales de conversión de la energía solar es el que se conoce como proceso de la fotosíntesis, la cual proporcionó la biomasa que luego se transformó en los combustibles fósiles que hoy se usan ampliamente.

2.3.2 Radiación solar

La radiación solar que recibe la Tierra varía entre los 1.300 y los 1.400 W/m² aproximadamente. Estos valores pueden cambiar dependiendo de las condiciones climatológicas, que a su vez dependen de la ubicación geográfica (latitud y longitud) y del período del año.

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta. De la radiación solar total recibida por la Tierra, el 30% es reflejada al espacio exterior por las nubes, el 47% es absorbida por la atmósfera, mares y la Tierra misma para mantener la temperatura ambiente, y el restante 23% se usa para mantener la convección atmosférica o vientos y el ciclo hidrológico (figura 2-9). La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

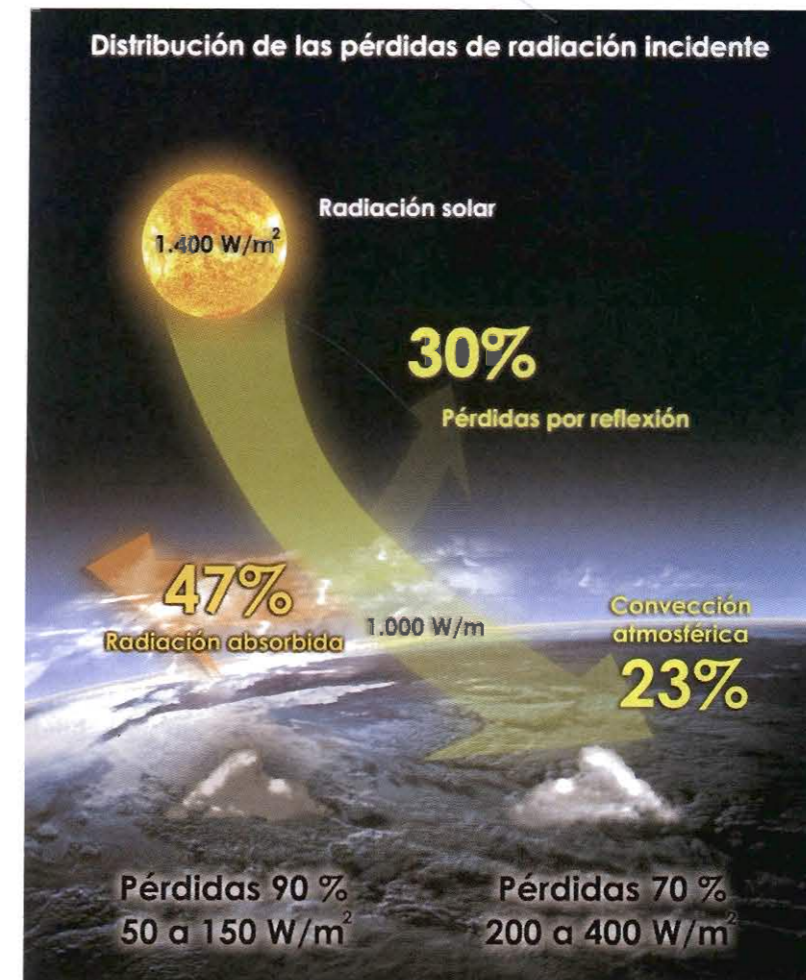


Figura 2-9. Distribución de las pérdidas de la radiación incidente.

Sobre la mayor parte del territorio colombiano la incidencia de la radiación solar global tiene promedios entre 4,0 y 4,5 kWh/m²/día. En la región Andina, los valores máximos se dan en febrero con los niveles de 4 kWh/m²/día, que luego descienden gradualmente hasta junio, mes de mínimos con 3 kWh/m²/día; nuevamente se incrementan poco a poco hasta septiembre para descender hasta noviembre (figura 2-10).

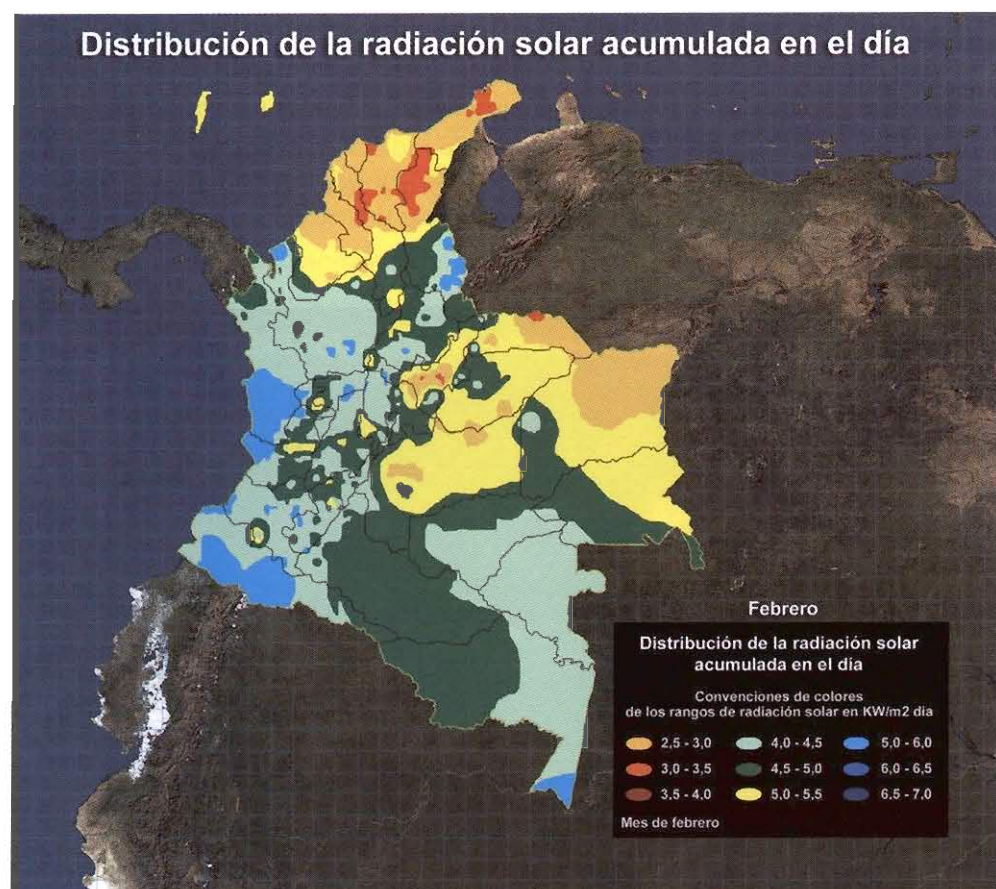


Figura 2-10. Distribución de la radiación solar global acumulada en el día, para la costa atlántica, que incide a lo largo del año sobre el territorio colombiano. Adaptado de Atlas de radiación solar de Colombia (IDEAM y UPME, 2005)

Para el corregimiento de El Totumo la radiación solar sobre superficie plana tiene un promedio anual de 5 kWh/m²/día. El mes para el cual se presenta un mayor nivel de radiación solar es marzo donde ésta alcanza un valor de 5,5 kWh/m²/día (figura 2-11). Además de tener buenos niveles de radiación solar, también se observa que los niveles son muy constantes durante el año. El menor nivel de radiación en la zona se da en el mes de noviembre y es 4,7 kWh/m²/día. Esto forma un conjunto de buenas condiciones para el aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía.

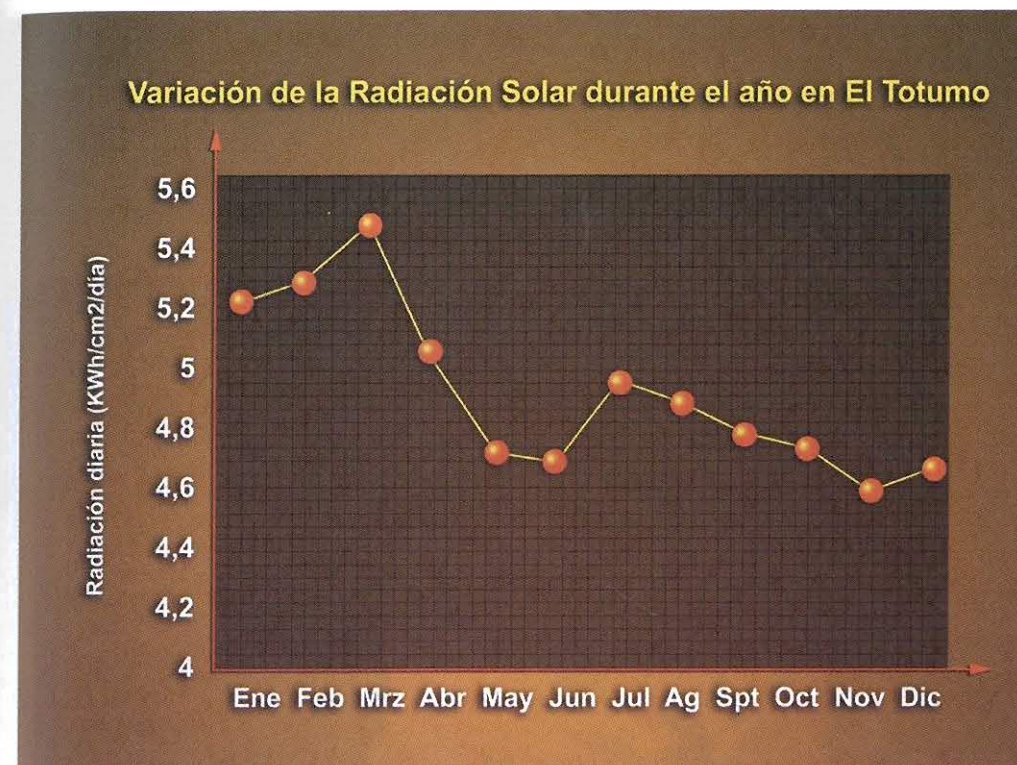


Figura 2-11. Variación de la radiación solar durante el año en El Totumo Fuente: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

2.3.3 Potencial eólico

Este recurso está asociado a la energía transportada en las corrientes de aire en analogía con la energía hidráulica, fundamentalmente depende de la velocidad de los vientos para que sea un recurso aprovechable. Los vientos son generados por los gradientes de temperatura y condiciones topográficas presentes en el globo terrestre, este recurso es completamente renovable y no contribuye a la contaminación ambiental. El aprovechamiento de este recurso solo depende de la velocidad, por ello a pesar de que en todo el globo terrestre existen vientos no todos son aprovechables, su disponibilidad es mayor en las zonas costeras debido a que no hay estructuras naturales, ni artificiales, que impidan el desarrollo de los vientos.

Existen tres componentes del viento que determinan su energía disponible, estos son: la velocidad, la dirección y la densidad del aire. Para poder utilizar la energía del viento es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar, pero que suele empezar entre los 3 m/s y los 4 m/s, velocidad llamada "cut-in speed", y que no debe superar los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada "cut-out speed".

En la región andina presenta velocidades de viento con promedios mensuales de 6 m/s, estas velocidades se mantienen estables en el periodo comprendido entre mayo y septiembre (figura 2-12).

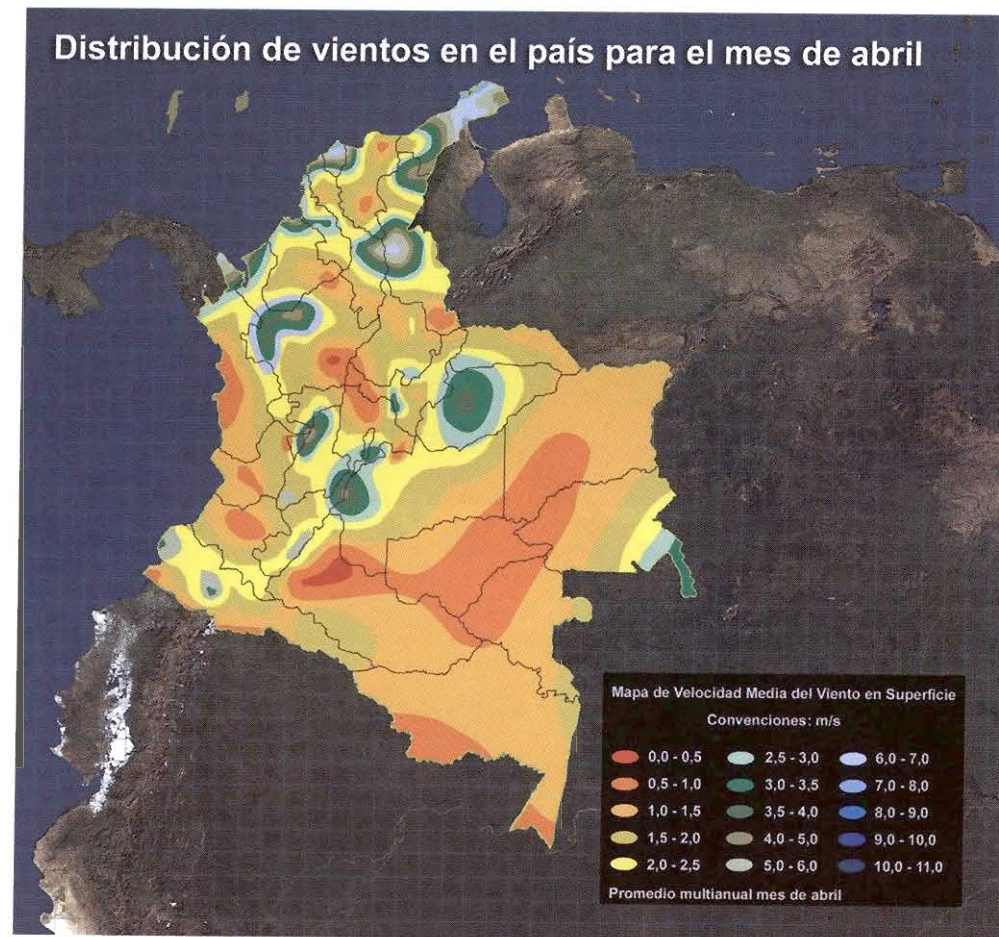


Figura 2-12. Distribución de vientos en el país para el mes de abril
Adaptado de Atlas de vientos en Colombia (IDEAM y UPME, 2005).

El municipio de Necoclí se produce vientos durante todo el año con una relativa constancia y un valor promedio anual de 2,4 m/s, manteniéndose en un rango de 2,0 a 3,0 m/s (figura 2-13). Estas velocidades de viento no son aptas para la generación eólica, los cuales requieren un régimen superior. Sin embargo podría aprovecharse para el bombeo de agua subterránea.

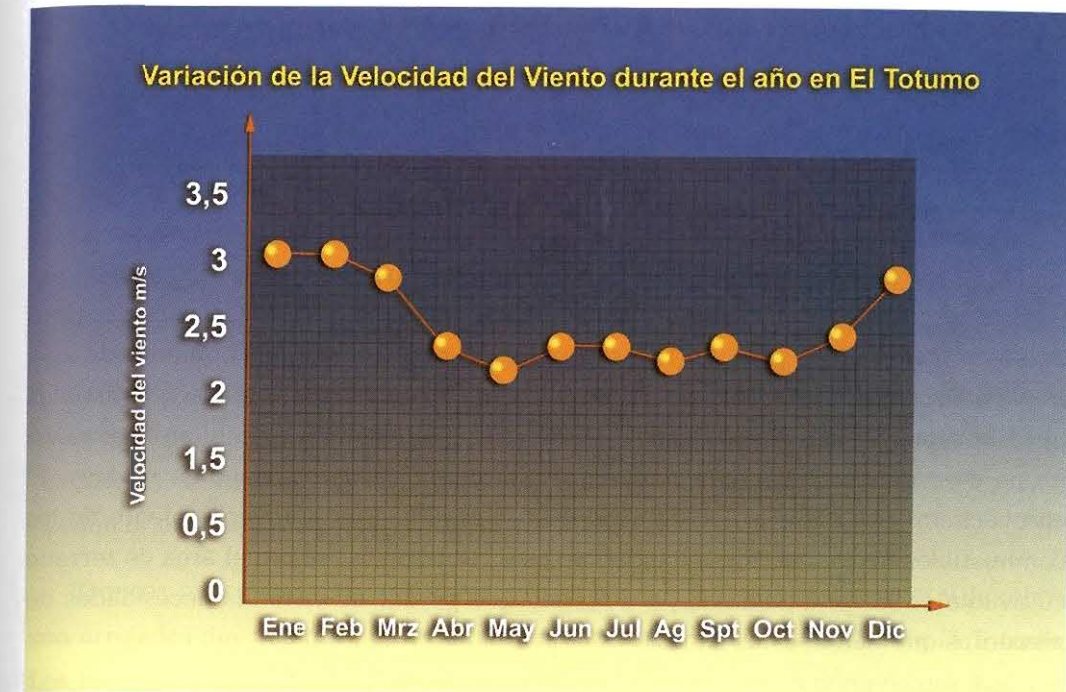


Figura 2-13. Variación de la velocidad del viento durante el año en Necoclí
Fuente: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

2.3.4 Potencial de combustibles líquidos y gaseosos

Este recurso está asociado a derivados del petróleo y carbón mineral que son generalmente extraídos por perforación en la tierra o mar, son recursos no renovables y requieren procesos de transformación complejos e infraestructuras robustas para su aprovechamiento. Su aprovechamiento se hace en dos fases: extracción – refinamiento y de transformación en energía. Su consecución está sujeta a la formación geológica de la zona y no está disponible en la mayoría del territorio terrestre. Esto obliga a su transporte a los sitios donde este recurso no puede ser obtenido mediante el uso de oleoductos, gasoductos y transporte terrestre, bien sea por ferrocarril o vehículos pesados.

El municipio no cuenta con redes de suministro de gases combustibles, sin embargo, cuenta con vías terrestres de acceso para poder hacer llegar los combustibles fósiles líquidos o gaseosos; por lo tanto su disponibilidad está sujeta al transporte, que se realiza por vía terrestre por contratación con la estación de suministro de combustible del municipio, que lo transporta hasta la planta de gasificación.

2.3.5 Potencial agroenergético

La oferta natural, para el caso específico de soluciones energéticas a partir de fuentes agrícolas está fuertemente ligada a las condiciones de cultivo de la materia prima, es decir, las condiciones edafoclimáticas que determinan en gran medida el éxito de producción agroenergética específica.

Este recurso está asociado a los biocombustibles que son combustibles de origen vegetal que son extraídos de frutos o plantas que son cultivadas con el objeto de ser transformadas para tal fin, son recursos renovables que requieren de una transformación primaria para poder usados como combustibles. Los biocombustibles pueden ser extraídos de cualquier planta, sin embargo, han sido identificadas un grupo de estas como las más viables para la obtención de este tipo de recurso. El aprovechamiento de este tipo de combustible es similar al aprovechamiento de los combustibles fósiles; la disponibilidad de este recurso está sujeto al área de terreno cultivable en la zona objetivo, pero no hay que perder de vista las necesidades de alimentos que tienen estas zonas.

Con el 15% del suelo del municipio con capacidad para albergar cultivos hace que sea necesario realizar un análisis profundo respecto de uso de este suelo para producir materias primas para sintetizar biocombustibles, lo cual debe conducir a que se mantenga la seguridad alimentaria de la zona. El clima tropical del municipio permite cultivar exitosamente palma africana, girasol, soya, caña de azúcar, maíz, yuca, entre otros, de los cuales se pueden sintetizar los biocombustibles.

2.3.6 Potencial hidráulico

Este recurso está asociado a la energía transportada por los ríos en sus corrientes de agua y puede ser aprovechada de dos formas: como energía potencial usando una caída de agua o como energía cinética usando la velocidad con la que el río corre por su cauce. La tecnología de extracción dependerá de la modalidad de energía que sea viable en el río objetivo. Este recurso se puede catalogar como renovable puesto que depende del ciclo de aguas natural de la tierra y estará disponible siempre y cuando se mantenga el equilibrio hidrológico del planeta. La disponibilidad de este recurso está sujeta a las características hidrológicas y relieve de la zona objetivo. Colombia se caracteriza por ser un país con una inmensa riqueza hidrológica.

El municipio de Necoclí cuenta con una buena cantidad de causas que desembocan en el mar Caribe. Los principales ríos que irrigan el municipio son: Caimán Nuevo, Mulatos, Caimán Viejo, Bobal y Necoclí. Esta gran riqueza hidrográfica permite contar con un gran potencial hidrológico para producir energía a partir de ese recurso natural.

2.3.7 Potencial de biomasa

La biomasa es toda aquella materia de origen orgánico que se produce naturalmente o por acción humana, esta cuenta con un gran potencial para producir energía usando los métodos de transformación adecuados, son recursos renovables que requieren de transformación para poder ser usados como combustibles, la especialidad de la naturaleza es producir biomasa por ende este recurso se puede encontrar en cualquier sitio del planeta incluso dentro de las ciudades, como lo son los residuos de comida.

La cantidad de zona boscosa del municipio y la amplia área que este ocupa permite que se cuente con una gran cantidad de biomasa y con una gran capacidad de producirla, sin embargo es necesario hacer conciencia de uso para no impactar de manera negativa el equilibrio biológico del ecosistema del municipio.

Troncos enormes y pequeños, en formas caprichosas o trazadas por el hombre, son arrojadas día tras días, casi de manera incesante sobre las costas de El Totumo. Los lugareños no se preocupan por saber el por qué de aquel fenómeno que hoy ven como un regalo del cielo, pero que hasta hace poco era el peor enemigo de su paraíso terrenal.



Figura 2-14. Especies más frecuentes de madera depositada en las playas de Necoclí.
Fuente: Patiño Díez, 2008

Sin embargo la madera residual en la zona costera de Necoclí proveniente de actividades de la industria maderera en el Urabá, que son transportadas por el río Atrato y depositadas en estos lugares generando problemas ambientales, puede ser aprovechada como biomasa. En estudios previos, de esta madera residual, se ha encontrado una amplia diversidad de especies en el material, entre las más frecuentes se destacan: el Guarumo, Suan, Balso y Corcho (figura 2-14), con un total de 68 especies identificadas y llegando a encontrar hasta 291 m³/ha de biomasa residual depositadas en las playas (Patiño Díez, 2008). Estos volúmenes de acumulación de biomasa leñosa hacen de las playas de Necoclí un potencial energético en biomasa.

3. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EL TOTUMO

La diversidad de recursos energéticos existentes en Colombia permite obtener soluciones para satisfacer las necesidades de energía eléctrica, térmica y producción de frío en zonas no interconectadas. En el caso del corregimiento de El Totumo, municipio de Necoclí, se puede obtener energía a partir de la biomasa producida en la zona costera. Este capítulo se describe teóricamente las tecnologías de gasificación relacionadas con el aprovechamiento de la biomasa para la generación de energía eléctrica.

3.1 GASIFICACIÓN DE BIOMASA LEÑOSA

La biomasa se encuentra presente en todos los lugares de la tierra, puesto que está compuesta de material orgánico que es uno de los principales constituyentes de los seres vivos en el planeta. Este material tiene un gran potencial energético debido al contenido de carbono, lo que lo convierte en un combustible aprovechable para la generación de energía. Hay múltiples formas de transformar la biomasa para su aprovechamiento, las cuales van desde combustión directa hasta transformaciones físico – químicas para convertirlas en alcoholes, aceites combustibles, gases combustibles, entre otros.

Las tecnologías que hoy día se usan para aprovechar la biomasa son principalmente: de transformación térmica como calderas en caso de combustión directa, motores de combustión interna y turbinas para derivados de la transformación físico – química, bien sea en combustibles líquidos o gaseosos.

3.1.1 Antecedentes

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. Se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII. Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos.

Durante y después de la segunda guerra mundial el uso de biomasa se reactivó por las necesidades crecientes de suministro de energía, y fue así como en Francia, Alemania y Suecia se lograron desarrollar algunas técnicas de gasificación para aplicaciones automotrices.

Los principios básicos de la gasificación de la biomasa han sido conocidos desde finales del siglo XVIII, pero las primeras aplicaciones comerciales datan de 1830. Hacia comienzos de 1850 un gran número de lámparas de alumbrado público en Londres ya funcionaban con gas producido de la gasificación de biomasa, este experimento constituyó en el comienzo definitivo de las investigaciones en esta área.

Cuando la producción de petróleo comenzó a estar disponible, gas combustible producto de la gasificación de biomasa cayó, pero después, la crisis energética de los años 70 disparó el interés en este tipo de alternativa energética.

La gasificación de combustibles es un proceso bastante antiguo realizado con el objeto de producir un combustible gaseoso con mejores características de transporte, eficiencia de combustión y para ser utilizado como materia prima en otros procesos (Córdoba, 1986). El objetivo de la gasificación es la conversión de la biomasa en un gas combustible a través de su oxidación parcial a temperaturas elevadas. Éste gas, conocido como gas productor es un combustible intermedio que se puede emplear posteriormente en otro proceso de conversión para generar calor o energía mecánica (FAO, 2001). La eficiencia para producir energía eléctrica con gas productor se encuentra en un rango de 20 – 30 %, mediante determinadas mejoras al sistema se pueden lograr eficiencias desde 40% o mayores (Babu, 2004).

En Colombia, los trabajos relacionados con el tema de las energías alternativas han sido muy escasos y no han contado con una adecuada divulgación, de ellos, los más relevantes, y que empiezan a generar una base documental para el futuro desarrollo de energías alternativas en el país (Patiño Díez, 2008), son los estudios llevados a cabo por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del Ministerio de Minas

y Energía. Entre ellos se encuentra el estudio titulado "Diseño de un proyecto piloto dendroenergético y formulación de lineamientos de políticas, estrategias e instrumentos para el fomento de centros de innovación en Colombia", realizado en 1999, en el cual se analiza la prefactibilidad de un proyecto de demostración que pueda generar respuestas a muchas inquietudes que existen alrededor del tema en el país y diseñar lineamientos de política para éste sector.

El más reciente y completo estudio es: "Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia" (UPME 2003), en el cual estiman el potencial actual y futuro de generación de energía a partir de biomasa con la ayuda de bases de datos enlazadas a un Sistema de Información Geográfico. Sin embargo, en éste estudio sólo se alcanza a generar una visión general y un acercamiento preliminar acerca del potencial de los cultivos energéticos y residuos agrícolas, y como se recomienda en el mismo "...Será necesario que los resultados sean verificados con estudios de tipo detallado...", específicamente en el área de energías alternativas, donde también se consideren criterios ambientales para la estimación de dicho potencial y se integre la demanda de energía como un factor determinante para la planeación de estos centros.

En Colombia a pesar de contar con un alto potencial de recursos naturales, no existen desarrollos significativos ni políticas claras en el área de las energías limpias, como una alternativa renovable de suministro energético para aquellas zonas donde no es factible un suministro desde el sistema interconectado (Patiño Díez, 2008).

3.1.2 Descripción de la tecnología de gasificación

Se considera biomasa a la materia orgánica producida a través del proceso de fotosíntesis, así como la originada en los procesos de transformación de esta materia orgánica. Estos procesos de transformación pueden ser naturales o inducidos por actividades humanas según figura 3-1.

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Estos compuestos volátiles (formados por cadenas largas del tipo C_nH_m hidrocarburos, y presencia de CO_2 dióxido de carbono, CO monóxido de carbono e H_2 hidrogeno) son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad. Así normalmente estos valores de poder calorífico de la biomasa se pueden dar en base seca o en base húmeda. En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000 – 3500 kcal/kg para los residuos ligno – celulósicos, los 2000 – 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente los 10000 kcal/kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos

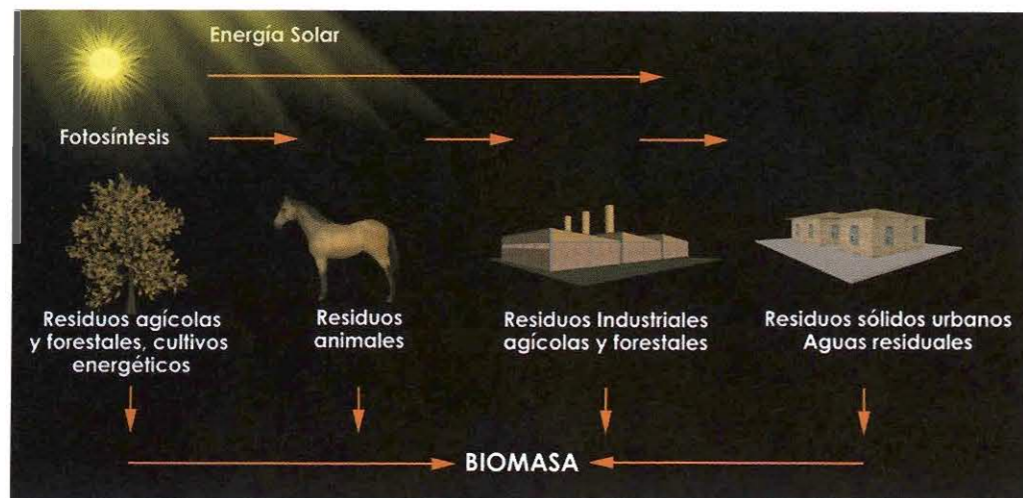


Figura 3-1 Recuperación de Biomasa
Fuente: Grupo Guascor

energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO_2 a la atmósfera es neutro. En efecto, el CO_2 generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO_2 presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está fijo a la tierra desde hace millones de años. DNDP.

Hay oportunidades en que la biomasa resulta más útil al hombre para otros usos distintos del de producir energía a través de ella, como es el caso de los alimentos, fibras textiles, materiales de construcción, etc. Sin embargo, la explotación de biomasa para distintas actividades económicas, deja una parte de ella sin aprovechar, la que se transforma en residuo de esa actividad. De acuerdo a las características particulares que poseen, los residuos pueden provenir de las siguientes actividades: forestales, agrícolas, pecuarias, agroindustriales o urbanas. Es importante destacar que en ocasiones puede darse la necesidad de cultivar y explotar la biomasa con fines exclusivamente energéticos. En este caso se habla de cultivos energéticos. Para la tecnología de gasificación se enfatizará en los recursos forestales:

Recursos forestales

Incluyen ambas categorías de biomasa para energía, es decir, residuos y plantaciones energéticas. En la explotación de los bosques naturales realizada con la finalidad de obtener madera para aserrado o elaboración de pulpa de papel, se producen residuos de las siguientes características:

- Especies no aptas para aserrado o pulpa que se destinan a la producción de leña.
- Residuos de cosecha, raleo, etc., bajo la forma de ramas, despuntes, tocones, etc.
- Residuos de aserradero bajo la forma de cortezas, costaneros, aserrín, viruta, etc.

En los casos en que la explotación forestal está destinada específicamente a la producción de energéticos, se eligen especies que, aunque no tengan características deseables en los otros usos, presentan un rápido crecimiento.

Un ejemplo característico de este tipo de plantaciones lo constituyen los montes de eucalipto que se destinan a la fabricación de carbón vegetal para siderurgia. Los ciclos de corta y rebrote son en general cortos (3 a 7 años), dependiendo de las especies y del uso energético que se les dará. DNDP.

Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grandes grupos como se presenta en la figura 3-2

La biomasa seca es aquella que puede obtenerse en forma natural con un tenor de humedad menor al 60%, como la leña, paja, etc. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos TERMOQUÍMICOS O FISÍCOQUÍMICOS como la gasificación, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

La biomasa es principalmente compuesta de carbono, oxígeno, hidrógeno y pequeñas fracciones de elementos minerales como potasio, fósforo, sulfuro y otras. Los componentes principales son normalmente conocidos como celulosa y hemicelulosa. Cuando la biomasa es quemada, el carbono reacciona con el oxígeno produciendo dióxido de carbono, agua y calor. Agua y dióxido de carbono en la atmósfera más energía solar y algunos compuestos inorgánicos, son absorbidos por las plantas verdes procesándolos, produciendo carbohidratos que posteriormente son convertidos en madera y tejido vegetal; En otras palabras; nueva biomasa es creada. Esto implica que la combustión de biomasa posee una producción de CO_2 neutra. Actualmente la contribución de la biomasa en la producción total de energía del mundo es aproximadamente el 12%.

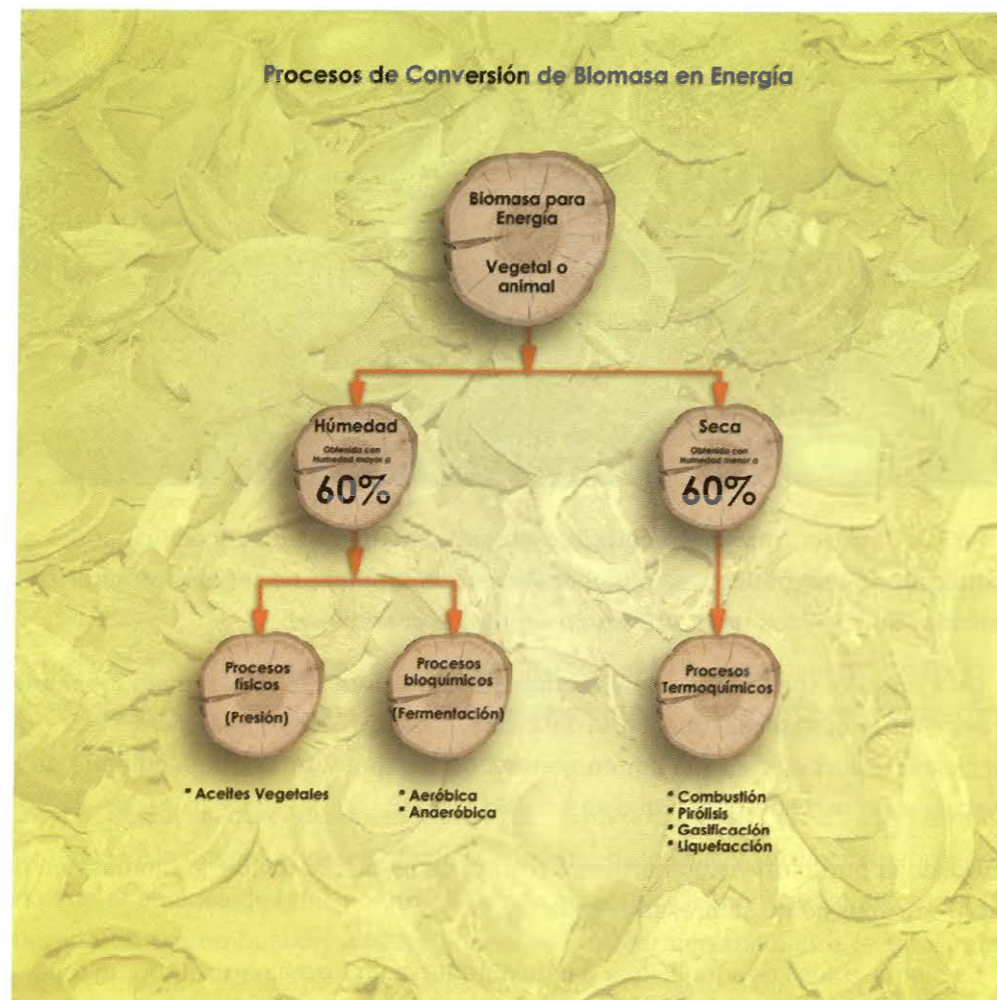


Figura 3-2 Procesos de conversión de Biomasa en energía
Fuente: DNDP, Subsecretaría de Energía Eléctrica República de Argentina

Las tecnologías más populares en la generación de energía a partir de biomasa son la combustión directa para la generación de vapor, la gasificación integrada de ciclo combinado y la co-combustión con combustibles fósiles. Especialmente, se han vuelto comunes las tecnologías para producir calor y energía eléctrica en plantas automáticas (Hoffmann y Weih, 2005). Existen varias tecnologías competitivas para la gasificación, las cuales pueden ser clasificadas en diferentes tipos: presurizada o atmosférica, con oxígeno o con aire, de lecho fijo o lecho fluidizado. El combustible obtenido por gasificación, podría sustituir los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica de alta eficiencia y en aplicaciones combinadas de calor y energía eléctrica (Patiño Díez, 2008).

El proceso de gasificación consta de tres etapas básicas: el secado, la pirolisis y la gasificación:

El secado es un procesos físico que recibe la biomasa con el fin de disminuir el porcentaje de humedad contenida en el material, los métodos más usuales para el secado de biomasa es filtración o calentamiento del material con el fin de evaporar el agua contenida en la biomasa.

La pirolisis es un proceso en el cual se realiza una oxigenación parcial y controlada de la biomasa, para obtener como producto una combinación variable de combustibles sólidos (carbón vegetal) o material carbonoso, líquidos (efluentes piroleñosos) y gaseosos (gas pobre). Generalmente, el producto principal de la pirolisis es el carbón vegetal u material carbonoso considerándose a los líquidos y gases como subproductos del proceso.

La pirolisis con aprovechamiento pleno de subproductos tuvo su gran auge antes de la difusión masiva del petróleo, ya que constituía la única fuente de ciertas sustancias (ácido acético, metanol, etc.) que luego se produjeron por la vía petroquímica. Hoy en día, sólo la producción de carbón vegetal reviste importancia cuantitativa. No obstante, debe hacerse notar que la carbonización representa una pérdida muy importante de la energía presente en la materia prima, ya que en el proceso consume gran cantidad de ella.

La gasificación consiste en el ataque del carbono presente en la materia orgánica (sólido carbonáceo) por un agente de gasificación con miras a obtener mezclas gaseosas cuya composición determina el uso. Entre los agentes de gasificación más comúnmente utilizados se encuentran las mezclas de vapor y aire o de vapor y oxígeno en la figura 3.3 se observa las características del producto obtenido de acuerdo al agente gasificante empleado. El gas producido contiene CO monóxido de carbono, H₂ hidrogeno gaseoso, CO₂ Dióxido de carbono, CH₄ gas metano, H₂O vapor de agua, N₂ nitrógeno gaseoso, C_nH_n hidrocarburos en proporciones muy variables dependiendo del tipo de material gasificado, las condiciones de operación, el tipo de proceso utilizado, el uso o no de catalizadores, el agente de gasificación empleado. Su poder calorífico puede variar de 4-18 MJ/m³ dependiendo de su agente gasificante, la tecnología más empleada es, sin embargo, la que utiliza aire como agente oxidante, por razones económicas y tecnológicas.

El gas pobre resultante de la gasificación de biomasa puede ser utilizado en turbinas de gas o en motores de combustión interna. Ambos motores térmicos pueden ser acoplados a un generador para la producción de electricidad, el gas también puede emplearse en una caldera para producir vapor. De este modo la gasificación se convierte en una tecnología avanzada y eficiente. El proceso global de gasificación es endotérmico. Ocampo 2005. Esta se realiza en un recipiente cerrado, conocido por gasógeno, en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requeriría para su combustión completa.

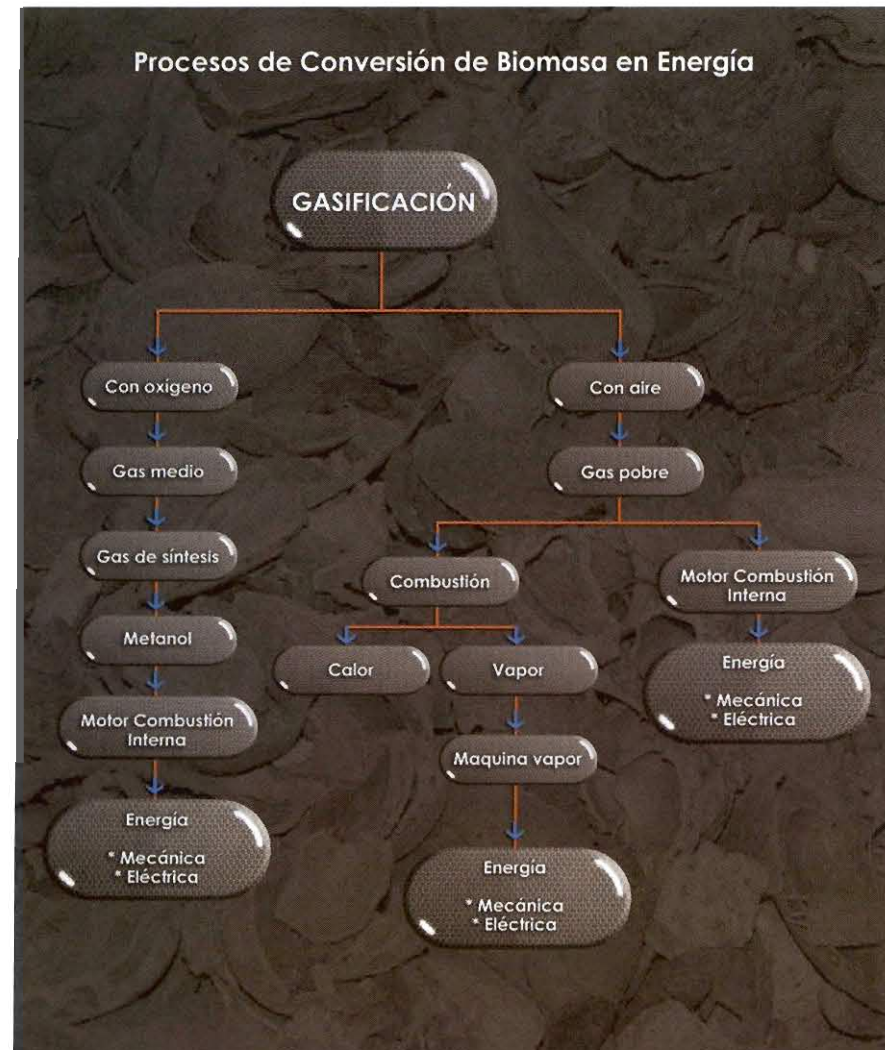


Figura 3-3 Gasificación y sus productos. Cuadro N°3.
Fuente: DNDP, Subsecretaría de Energía Eléctrica República de Argentina

Los gasificadores empleados son:

- Updraft o flujo ascendente: Este tipo de gasificador tiene bien definidas las zonas de combustión parcial, reducción y pirolisis. El aire es admitido por la parte baja de gasificador y este circula en contracorriente. El gas combustible es entregado por la parte superior a unas temperaturas relativamente bajas; Pues, el calor sensible del gas es utilizado para precalentar y secar el combustible; con ello, se logran altas eficiencias. Las desventajas que acusa este sistema de gasificación, son el alto contenido de alquitrán del gas producido y la capacidad marginal que tiene en su carga, y por ende la imposibilidad de generación de gas continuo que redundará en dificultades para la utilización en motores de combustión interna.

- Downdraft o flujo concurrente: El gasificador downdraft entrega el gas combustible por la parte baja y la admisión de aire es realizada por la parte media del mismo. Las dificultades que se tiene que enfrentar en esta configuración es el contenido de cenizas y humedad en el gas producido; por otra parte, requiere de un tiempo prolongado de encendido que puede estar en un rango de 20 a 30 minutos. En general este tipo de configuración es más aceptable para aplicaciones en motores de combustión interna y turbinas de gas. Estrada, 2004.

Lechos fluidizados como lecho fluidizado burbujeante, lecho fluidizado circulante y lecho fluidizado presurizados, ciclónicos y los rotatorios.

- La selección del tipo de gasificador que se va a emplear depende de la potencia que se desee. Los de lecho fluidizado. Ver figura 3.4 se utilizan para instalaciones de gran escala, mientras que para pequeñas potencias se prefieren los de flujo concurrente o downdraft. Hasta potencias de 1 MW se recomienda la utilización de gasificadores de flujo concurrente, casi exclusivamente. Este tipo de gasificadores, además, el más sencillo de todos; y para potencias mayores de 10 y hasta alrededor de 50 MW compiten los reactores de tipo updraft y los de lecho fluidizado burbujeante. Para potencias mayores de 100 MW se usan exclusivamente los de lecho fluidizado presurizados.

De este modo un proceso convencional de gasificación de biomasa se observa en la figura 3.5 donde se obtiene un gas pobre (gas de síntesis o syngas) de bajo poder calorífico que puede ser quemado en motores especialmente adaptados.

3.1.3 Estado actual

La biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro.

La biomasa puede ser convertida en energía útil a través de un rango de tecnologías incluyendo motores, calderas, refinerías, turbinas, celdas de combustible entre otros (IEA Bioenergy, 2005) Los avances tecnológicos en biomasa cubren un amplio espectro desde la investigación más reciente hasta el mejoramiento de sistemas tradicionales los cuales han sido usados por muchos años. No obstante, se ha evidenciado en algunos casos que el obstáculo para su implementación masiva no es estrictamente tecnológico, sino, la dificultad para reducir los costos del proceso en miras de volverse competitivo frente a las tecnologías desarrolladas para combustibles convencionales (UNIDO, 1983).

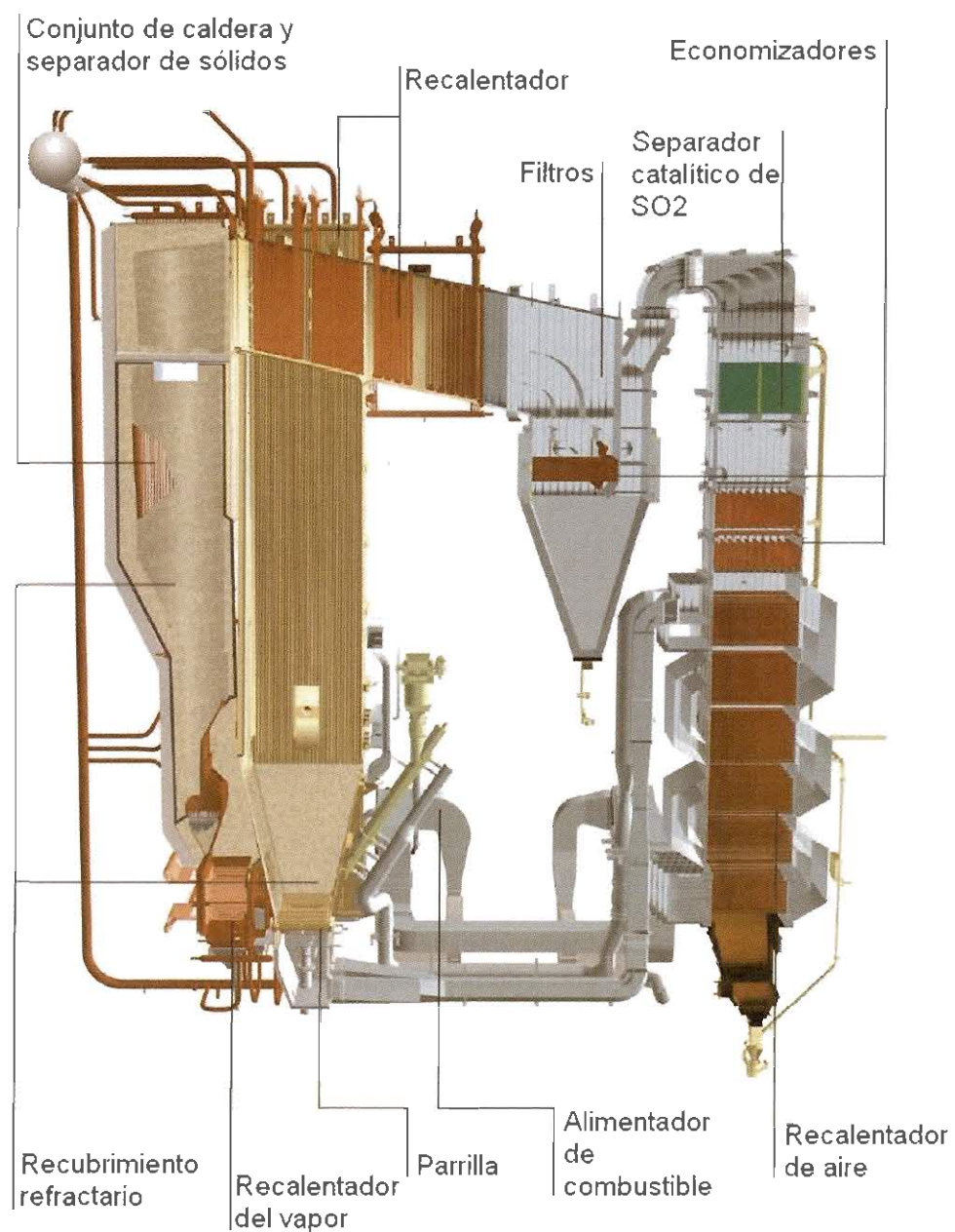


Figura 3-4. Esquema de un reactor de lecho fluidizado burbujeante: catalizadores, economizadores, sobrecalentadores, silo de arena, silo de combustible, arranque del quemador y piso.

Fuente: CETER, del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría

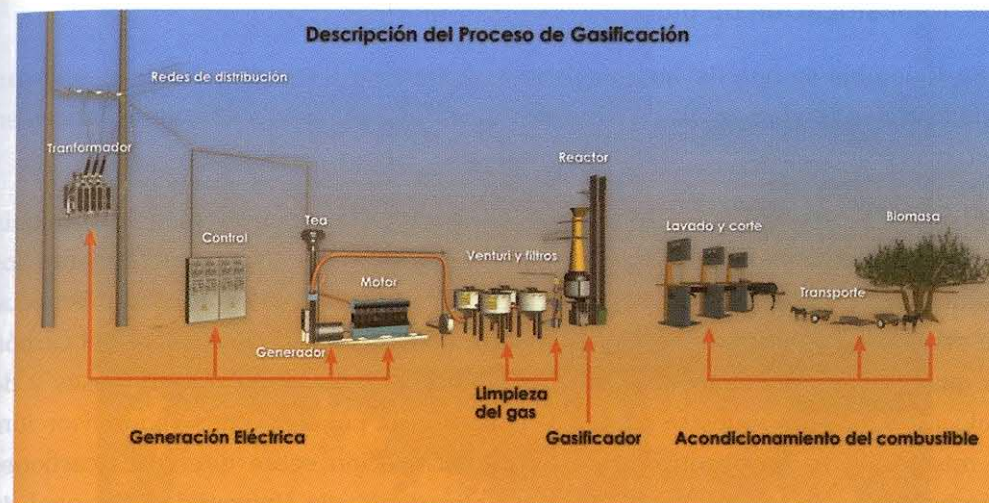


Figura 3-5 Descripción proceso de gasificación

Fuente: Grupo Guascor

(Hislop y Hall 1996), consideran que la biomasa residual suministra la mayor oportunidad global a largo plazo como materia prima para la gasificación y equipamiento de generación. Según Clarke (1991), la gasificación es una de esas antiguas técnicas que hoy en día está siendo redescubierta en los países en desarrollo que no pueden permitirse enormes gastos en importación de combustibles fósiles.

Actualmente gran cantidad de investigaciones en el campo de la gasificación de la biomasa están siendo desarrolladas con el propósito de disminuir el impacto ambiental generado por la combustión de combustibles fósiles y la inminente crisis que se espera en los años venideros

Los estimativos de las reservas energéticas en el mundo son aproximadamente de 200 años para el carbón, 50 años para el petróleo y menos de 100 años para el gas natural. Por otra parte, las leyes de control ambiental se han endurecido y actualmente existe un control riguroso en contra de emisiones contaminantes como son los precursores de lluvia ácida (NO_x , SO_x) y los gases causantes del efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O). Por todo lo anteriormente descrito, la biomasa se perfila como una excelente alternativa de producción energética a futuro, desplazando o modificando los métodos de producción tradicionales.

3.1.3.1 Gasificación de biomasa en Colombia

En Colombia se han llevado a cabo varios trabajos de gasificación que abarcan desde estudios fundamentales a nivel de laboratorio hasta aplicaciones prácticas en el sector industrial.

El grupo de recursos energéticos y medio ambiente, de la universidad de Antioquia (Medellín-Colombia), efectuó un estudio para determinar experimentalmente los parámetros cinéticos de la gasificación del carbón de titiribí y del carbón de Venecia. Para este efecto se hizo un montaje que permitió llevar a cabo la pirólisis del carbón y la gasificación del semicoque, con posibilidad de utilizar mezclas de gases y de recolectar suficiente muestra para ser caracterizada por fisisorción y quimisorción. Así mismo se realizaron otras pruebas de gasificación sobre diferentes carbones colombianos en la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Nacional de Colombia- Bogotá- Medellín.

Las universidades de Antioquia, Pontificia Bolivariana y Nacional – Sede Medellín y la ladrillera San Cristóbal, con apoyo financiero de Colciencias, efectuaron el diseño y montaje de un gasificador-combustor para suministrar los gases calientes y limpios necesarios para el secado de material cerámico crudo en la ladrillera San Cristóbal. Ocampo, 2004.

En discusiones realizadas durante el "Simposio Internacional de Energía y Frontera Tecnológica en el Sector Rural" organizado por el IPSE, surgió la idea de hacer un aprovechamiento energético de las grandes cantidades de madera residual que históricamente se acumulan en las playas de Necoclí, con el fin de dar solución parcial a la grave problemática socio-ambiental que durante años ha enfrentado la zona costera de éste Municipio. Ante la diversidad de cuestionamientos que existen frente al tema de energías limpias, el IPSE identifica un verdadero potencial de desarrollo en dicha propuesta, por lo cual decide, mediante el programa integral para el mejoramiento del sistema eléctrico en las Zonas No Interconectadas (ZNI), emprender esta misión y a su vez establecer un primer precedente como experiencia piloto en el país de generación con nuevas tecnologías, que contribuya a esclarecer los interrogantes que hay en el tema y a establecer al mismo tiempo pautas que apoyen la gestión de futuros desarrollos de esta naturaleza.

De esta forma una vez detectada la problemática de acumulación histórica de grandes cantidades de biomasa leñosa en las playas del municipio de Necoclí (figura 3-6), y en vista de la carencia de energía eléctrica en muchas comunidades del sector, se hace factible el desarrollo de un proyecto piloto emprendido por el IPSE en convenio con la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Con el objeto de crear opciones para el aprovechamiento de la biomasa residual transportada por el río Atrato.

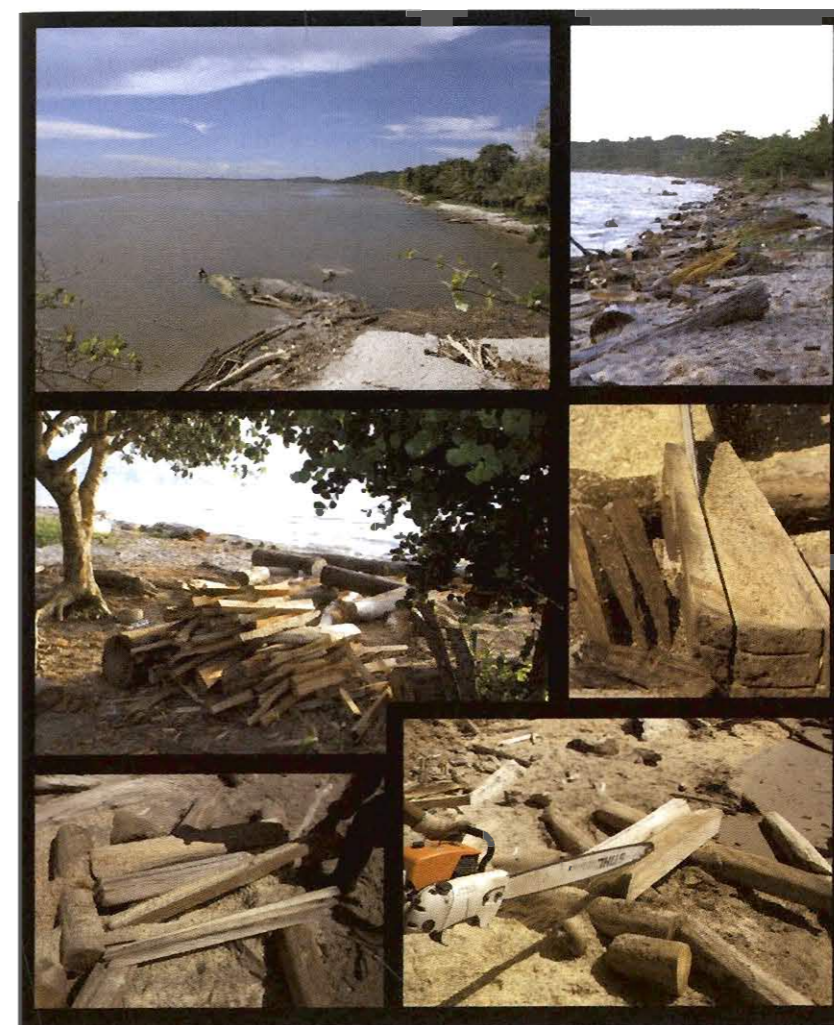


Figura 3-6. Las playas llenas de madera

3.1.3.2 Gasificación de biomasa en el mundo

En Brasil, desde los años 80, unas sesenta compañías utilizan los gasificadores de biomasa leñosa para hacer funcionar vehículos, alimentar hornos y producir cal; una industria en la que se afirma que con los gasificadores se puede reducir el consumo de madera de 2,5 a 0,8 toneladas por cada tonelada de cal producida (Clarke, 1991). Según Sudha y Ravindranath (1999), existen tres aspectos cruciales al considerar la opción del gas producido, éstos son: la disponibilidad de tecnología, la economía involucrada y un suministro sostenible de biomasa que depende principalmente de la disponibilidad de tierras y la productividad de la biomasa. Así mismo, se reportan otras aplicaciones del gas producido, la conversión a hidrógeno, químicos, fertilizantes, o sustitutos de los combustibles fósiles; también podría ser usado en celdas de combustible, con el potencial de aumentar notablemente la eficiencia en la generación de energía eléctrica.

Además desde su creación en 1998 el Núcleo de Excelencia en Generación Termoeléctrica y Distribuida - NEST en Brasil viene desarrollando proyectos de investigación en el tema de utilización energética de la biomasa en general y en particular en gasificación. Estos proyectos han permitido realizar la evaluación del desempeño térmico de tres tipos de gasificadores: de lecho fijo y flujo concurrente con dos etapas de gasificación, de lecho fijo y flujo cruzado y de lecho fluidizado. El gasificador de flujo cruzado fue evaluado acoplado a un sistema de limpieza catalítica del gas. Se concluye que el mejor desempeño corresponde al gasificador con dos etapas de gasificación operando con madera preacondicionada. Silva, 2007.

Reconociendo estos beneficios muchos países están actualmente desarrollando de manera progresiva tecnologías para la gasificación de biomasa (Babu, 2004). Brasil representa uno de los casos con mayores resultados en el aprovechamiento moderno de la biomasa, presentando un parque industrial actualizado que se basa en éste recurso como fuente combustible, incluso como reductor en la industria siderúrgica. A este tipo de contexto es al que, (Rosillo Calle, 1987) y (FAO, 2004) denomina una biomass society, y que puede con las debidas adaptaciones ser considerado como una alternativa que conduzca hacia el desarrollo sostenible en las regiones donde sea adecuado.

En China, se desarrolló en los años 1960 un gasificador que utiliza como alimentación cáscara de arroz. Cientos de estos gasificadores están aún en uso. También se han instalado en Mali y Surinam, además de en la India.

Diversos tipos de gasógenos para automoción, desarrollados durante la segunda guerra mundial, están disponibles comercialmente para diversas aplicaciones en Brasil y Filipinas. Un estudio de la FAO (FAO, 1993), analiza las ventajas en la implantación de sistemas para usar el gas de madera para motores y los correspondientes problemas en países en vías de desarrollo.

La primera planta de gasificación de biomasa de España comienza a construir en 2010 en Almonte (Huelva) con el objetivo de convertirse en referente en la producción de energías renovables y generación de empleo y con una estimación de producción de 15.000 Mwh anuales.

El grupo Guascor es líder en la tecnología de gasificación en España. Ha puesto en marcha una planta de desimpacto de neumáticos fuera de uso a través de su filial Enviroil, en As Somozas (La Coruña). La instalación cuenta con una capacidad de tratamiento de 12.000 toneladas al año, lo que supone una equivalencia de la producción anual de neumáticos de usados en toda Galicia. El Grupo GUASCOR ha desarrollado una tecnología innovadora para el reciclaje de los neumáticos fuera de uso. En el proceso productivo se obtienen separadamente los componentes de los neumáticos: negro de humo, acero y aceite base, así como un importante volumen de gas, el cual, una vez limpio, es utilizado como combustible en los grupos generadores GUASCOR que lo transforman en energía eléctrica.

La planta industrial recicla el 65% del neumático y valoriza el 35% restante mediante un sistema de gasificación. La planta tipo está dimensionada para tratar un volumen anual de 12.000 toneladas de neumáticos fuera de uso. Mediante esta tecnología se consigue dar una solución eficaz al problema del vertido incontrolado de este residuo.

De cualquier forma, la bioenergía no es necesariamente una panacea, ni debería ser pensada como la única solución para la amplia diversidad de situaciones de los sistemas energéticos, pero seguramente sí es una importante alternativa para considerar (Horta y Trossero, 1998).

3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La producción de biomasa leñosa con fines energéticos puede traer consigo grandes ventajas, entre las cuales se encuentran.

3.2.1 Ventajas

- Mitigación de las prácticas de quema directa de madera en las playas, lo que disminuye las emisiones atmosféricas y de material particulado, así mismo el riesgo sobre la salud pública.
- Mitigación de malos olores, agentes tóxicos e infecciosos y propagación de insectos y roedores, todos ellos propiciados por la descomposición al aire de materia orgánica acumulada en las playas.
- Uso productivo de residuos orgánicos y recursos marginales como lo es la biomasa residual leñosa depositada en las playas del municipio.
- Aporte de valor agregado para los residuos de la planta en forma de abono orgánico y otros subproductos con potencial comercial. De esta forma generando ingresos por la comercialización de productos derivados de la planta de generación.
- Solución a la disposición final de residuos sólidos depositados en las playas.
- Incremento en la actividad turística del municipio por el mejoramiento sanitario, ambiental y paisajístico como producto de la limpieza de playas gracias a la recolección periódica de biomasa residual para el sistema energético.
- Generación de nuevos empleos y fuentes de ingreso para la comunidad de la zona del proyecto.
- Prestación del servicio básico de energía eléctrica a zonas que carecían de éste.

- Remoción de vegetación en la franja de servidumbre de la red eléctrica.
- Abastecimiento continuo de materia prima combustible a bajo costo por la abundante cantidad de madera albergada en las playas.
- Disponibilidad del recurso energético a poca distancia.
- Evita emisiones adicionales de carbono a la atmosfera por consumo de combustibles fósiles que contribuye al efecto invernadero (GEI).

3.2.2 Desventajas

Entre las desventajas están:

- El costo energético y ambiental del secado de la madera, por el alto contenido de humedad en que se encuentra la biomasa es necesario secar el material en la planta antes de procesarlo. Procedimiento que requiere consumo de un nuevo combustible y se incurriría en nuevas emisiones traduciéndose finalmente en costos económicos y ambientales.
- La forma de transporte de la materia prima (biomasa leñosa) desde su sitio de recolección hasta la planta generadora, debido a que esto incrementa el costo de kw/h generado.
- Generación de residuos como cenizas, aserrín, alquitranes y un material carbonizado (biomasa leñosa sometida a altas temperaturas).
- Generación de ruido al momento de la preparación del material en las playas y en los alrededores del sistema generador durante las horas de operación.
- Incertidumbre ante el impacto de la remoción del material leñoso superficial en los procesos de erosión costera.

3.3 ASPECTOS AMBIENTALES EN LA ZONA DE GASIFICACIÓN

Uno de los problemas ambientales más evidentes en Necoclí es la quema de madera en las playas por la gran abundancia del material leñoso que llega a éstas, aportando emisiones de gases y material particulado al aire, ya que la comunidad se ve obligada a recolectarlo y quemarlo en pilas sin hacer ningún uso de éste, como se muestra en la figura 3-7.



Figura 3-7. Quema de madera residual en las playas del municipio de Necoclí.

Por lo tanto al recolectar periódicamente éste material en las playas, para ser procesado en la planta de gasificación, disminuye notablemente la práctica de quema de madera mitigando así la problemática de emisiones atmosféricas y material particulado en el aire y por ende beneficiando la salud pública en el sector de influencia. Igualmente mediante dicha práctica se reducen los malos olores y las emisiones de gas metano asociados a la descomposición de esta materia orgánica.

Para la evaluación ambiental se adopta el modelo analítico por dimensiones, el cual tuvo su origen y campo de experimentación en la actividad de gestión ambiental realizada en diversos tipos de proyectos de desarrollo, y específicamente en el Centro de Innovación Tecnológica de Necoclí.

3.3.1 Dimensión física

La planta de gasificación durante su funcionamiento emite a la atmósfera pequeñas cantidades de CO, CO₂ y N₂, pero principalmente y en menor cantidad CO₂ y CH₄. Sin embargo, cabe resaltar que las emisiones de CO₂ que se liberan en éste proceso debido a la gasificación de la biomasa, han sido previamente capturados de la atmósfera y almacenados por los árboles en pie durante su crecimiento (aproximadamente el 50% del peso seco de la biomasa leñosa corresponde a carbono que fue asimilado de la atmósfera, por lo tanto se puede decir que el balance general de emisiones de CO₂ a la atmósfera podría ser cero). Más aún, las emisiones de gas metano que aquí se causan no excede el nivel de emisiones a la atmósfera que ocurre naturalmente por los procesos de descomposición de la biomasa residual leñosa (materia orgánica) al permanecer depositada en las playas bajo condiciones atmosféricas.

3.3.2 Dimensión biótica

El sistema gasificador posee un consumo estimado de biomasa leñosa ya procesada de 80 kg/hora con un contenido de humedad máximo del 20%. A la par con la recolección de la madera residual se estaría contribuyendo a prevenir la aparición de agentes tóxicos e infecciosos además de la propagación de insectos y roedores, propiciados por la descomposición al aire de materia orgánica acumulada.

3.3.3 Dimensión económica

La conveniencia de incorporar tecnologías energéticas renovables también radica en que hacen uso sostenible de recursos alternativos. De esta forma, una vez detectada la problemática de acumulación histórica de grandes cantidades de residuos de madera en las playas de la costa de Urabá, el proyecto busca hacer un manejo y aprovechamiento energético sostenible de dicho material, dando un uso productivo a un recurso marginal.

Por otra parte, la creación de un centro de interés para el aprendizaje y la experimentación de soluciones energéticas alternativas para las zonas no interconectadas, además del componente de la generación de energía, posee un atractivo de carácter técnico y académico como primera experiencia piloto del país, agregando de esta forma mayor potencial turístico a la zona.

La ocupación del espacio en las playas por parte de la madera residual genera un impacto visual y paisajístico muy negativo, además de constituir obstáculos físicos para la circulación, dificultando notablemente la realización de actividades de recreación y turismo. Por lo cual la recolección periódica de este material ayuda a la promoción efectiva de este sector productivo, el cual presenta un alto potencial para la zona.

Los residuos que genera la planta son utilizados nuevamente en el mismo sistema para el proceso de secado y/o como materia prima para el gasificador, convirtiendo un porcentaje de los residuos en insumos productivos nuevamente. Así mismo se busca aprovechar dichos residuos para producir abono orgánico para cultivos entre otros.

La operación y mantenimiento del Centro de Innovación Tecnológica requiere un número considerable de personal de la zona, conformándose como una nueva fuente de empleo que genera ingresos directos e indirectos a la comunidad (figura 3-8). De esta forma se dinamiza notablemente el cuadro socio-económico de la zona de influencia del proyecto.

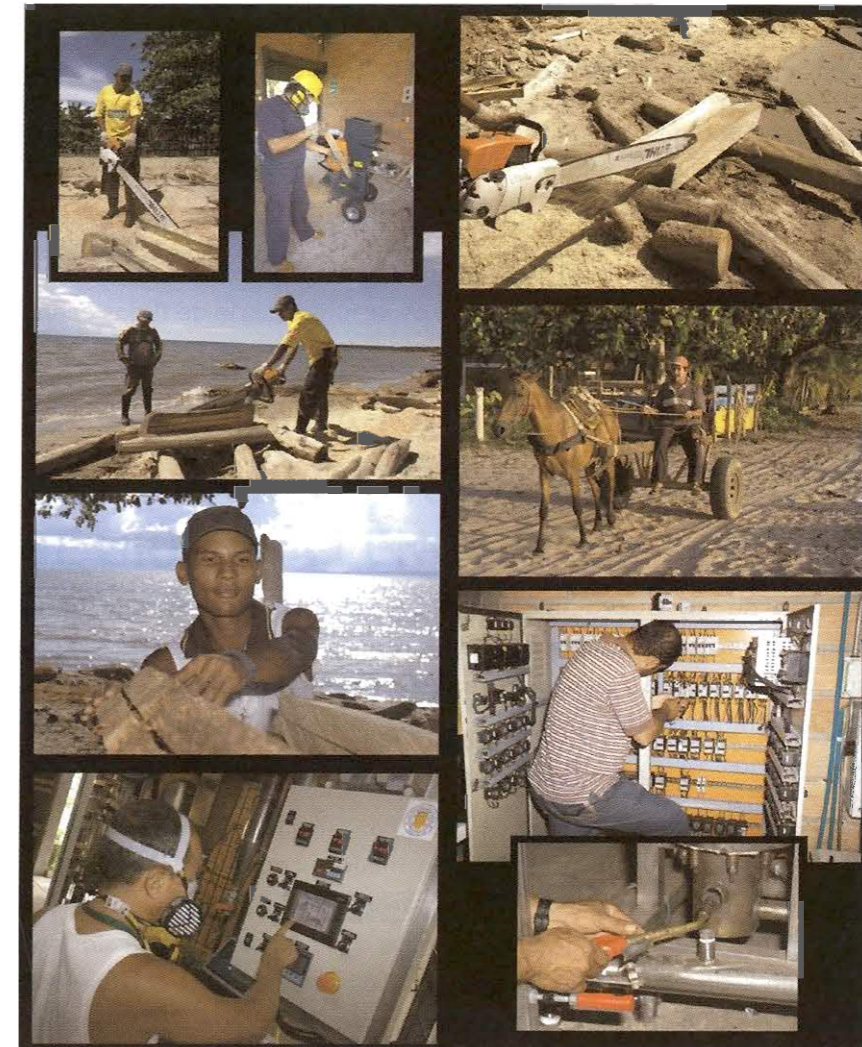


Figura 3-8. Equipo de trabajo para cortar y transportar la biomasa.

3.3.4 Dimensión política

El proyecto en la dimensión política implica:

- Creación y/o modificación de formas de organización comunitaria frente a los estímulos y responsabilidades que impone el mantenimiento y viabilidad de un proyecto de esta naturaleza, el cual depende en gran medida del grado de apropiación que tenga la comunidad sobre él.
- Necesidad de la creación de nuevas formas de liderazgo, jerarquías y estructuras del poder en el manejo administrativo de las cooperativas que se creen.

- Tensión en las estructuras de poder tradicional a nivel comunitario absorbiendo el control sobre este nuevo medio productivo. Aparición de nuevos intereses y liderazgos ante la coordinación de asuntos relevantes al proyecto.
- Incremento en el flujo hacia la zona de presencia institucional pública, generando mayor representatividad e intercambio de intereses entre diferentes niveles del poder.
- Adquisición del valor de ubicación estratégica para el sector de influencia directa del proyecto en tanto se generen en ese espacio una serie de flujos económicos y productivos.

3.3.5 Dimensión cultural

El proyecto en esta dimensión trae consigo.

- La creación de un nuevo imaginario de los habitantes hacia su territorio, cambiando así su percepción sobre su entorno y los elementos que lo componen. En este caso específico sobre los residuos de madera depositados históricamente en las playas de la región, alrededor de los cuales han adaptado su cotidianidad y hábitos diarios.
- La interrupción y/o modificación de prácticas colectivas tradicionales realizadas en las playas en torno a los residuos de madera como lo es la construcción de balsas y botes, pequeñas chozas artesanales, manufactura artesanal de redes de pesca, aprovechamiento maderero de piezas que aún conservan valor económico, constituyendo estas prácticas espacios tradicionales de encuentro e intercambio cultural. Además podrán ser interrumpidos los procesos sociales tradicionales que normalmente acontecen en las prácticas cotidianas en la comunidad debido a las nuevas labores requeridas por el centro.

4. CENTRO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ATRAVÉS DE BIOMASA LEÑOSA

Poder usar los recursos naturales brindados por la naturaleza en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los habitantes y satisfacer sus necesidades básicas produciendo el menor impacto ambiental y siendo autosuficientes de la mano de los avances tecnológicos, se puede catalogar como una Ecoaldea.

4.1 NECESIDADES ENERGÉTICAS

La cabecera del corregimiento El Totumo, en el 2006, presentaba buena cobertura en el servicio de energía eléctrica, sin embargo, la vereda Nueva Pampa no tenía dicho servicio. Es importante resaltar, que en el 2006, Necoclí fue beneficiado por el FAER con la electrificación de algunas veredas entre las cuales se había proyectado incluir Nueva Pampa, pero no fue posible llegar hasta este punto del municipio y sólo se electrificaron ocho veredas.

En este sentido y teniendo en cuenta las características de la abundante biomasa leñosa que llega a las playas de la vereda, Nueva Pampa presentaba condiciones propicias para la implementación del proyecto de generación de energía a partir de gasificación de biomasa leñosa.

Para el 2008, el servicio público de energía en el municipio de Necoclí para la zona urbana presenta una distribución por estratos del 1 al 3, con un mayor número de usuarios en el estrato 2, seguido por el 3. De un total de 5.370 usuarios en todo el municipio, 2.340 usuarios (43,6%) están en el área urbana y 3.030 (56,4%) en la rural.

La base de datos del SISBEN del municipio de Necoclí reportaba 2.735 viviendas para el área urbana, de las cuales, según EPM, estaban electrificadas 2.340, indicando que en 2008, la cobertura era del 85,6%. Para el área rural se tenía 7.568 viviendas, de las cuales 3.030 contaban con el servicio de energía eléctrica para una cobertura del 40,03%. Todos los centros poblados de los corregimientos presentaban coberturas superiores al 85%, lo que significa que el déficit que se presentaba, correspondía básicamente a las veredas. Se resalta con especial atención, que los corregimientos de Mellito, Mulatos, Zapata y Las Changas, no tenían ninguna vereda con servicio de energía eléctrica.

En el 2008 se presentaba un déficit en cobertura de energía eléctrica del 47,9%. Los corregimientos con la situación más crítica son: Pueblo Nuevo, Mellito, Veredas aledañas al área urbana, Las Changas y Mulatos, con coberturas muy bajas o déficit total; mientras que la mayor cobertura la presentan el área urbana, Caribia y Mello Villavicencio.

Dentro del convenio 056-2009, suscrito entre la Universidad Nacional y el IPSE, fue necesario realizar un censo en la vereda Nueva Pampa del número de usuarios sin energía eléctrica legal. El resultado del censo arroja que más de 40 hogares aún no tenían servicio de energía eléctrica o lo poseían de manera ilícita (figura 4-1), presentando problemas con la potencia y el daño de equipos electrodomésticos.



Figura 4-1. Instalaciones ilegales de energía eléctrica en vereda Nueva Pampa.

En la investigación realizada por el CEGGAS en 2008, se identificaron diferentes formas para obtener energía, por ejemplo, a partir de leña (figura 4-2) y de fogones elaborados con termiteros, los cuales son de uso general en toda la vereda y de gran durabilidad.

De otro lado, la madera no sólo es usada como energético, sino también como materia prima para la construcción de viviendas, enseres domésticos, estructuras para establos, marraneras, galpones y para elaborar artesanías. También se utiliza para la construcción de puentes pequeños, empalizadas y para la fabricación de carbón vegetal (figura 4-3), el cual es vendido en algunos sitios de El Totumo y de Necoclí.

Se encontró en algunas viviendas fogones a gas, los cuales son utilizados alternadamente con los de leña debido al alto costo del GLP. En dos viviendas se encontró que la leña no solo se usa cuando se acaba el gas, sino que es utilizado para la preparación de alimentos a la hora del almuerzo o en ocasiones especiales



Figura 4-2. Acumulación de leña para cocción.



Figura 4-3. Fabricación de carbón.

Con respecto a la iluminación se evidenció que las velas son el medio más utilizado. Le siguen las linternas de baterías y las lámparas de petróleo fabricadas caseramente en botellas de gaseosas (figura 4-4).



Figura 4-4. Energéticos usados para iluminación.
Fuente: Encuestas CEGAS, 2008.

En general, las instalaciones para cocina son construidas por fuera de la vivienda, es decir, un módulo separado para el fogón (figura 4-5), que en la mayoría de los casos es cerrado. La duración de fogones de termitero es de aproximadamente de 2 o 3 años, durante los cuales se recubre de ceniza con un poco de agua obteniendo una capa dura que le da mayor durabilidad y resistencia al calor.



Figura 4-5. Módulos de cocina

Se resaltaba la existencia de 12 casas en la vereda con 24 horas de energía eléctrica con contadores, siete comunitarios y cinco individuales, instalados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) que cubre al corregimiento de El Totumo.

En la investigación realizada por el CEGAS (2008), se destaca que algunos usuarios que serían beneficiados por el proyecto de gasificación de biomasa leñosa, manifestaron no tener interés en la prestación del servicio de energía eléctrica durante 24 horas, un porcentaje importante argumentó que con algunas horas nocturnas de energía era suficiente. Esto se debe a la costumbre y a la no cotidianidad de la energía, la vida de muchos de los pobladores ha transcurrido a oscuras y han aprovechado el medio natural para desarrollar sus actividades diarias sin necesidad de energía eléctrica.

Algunas de las viviendas con servicio de energía estaban conectadas de manera ilegal y sus instalaciones internas no cumplen con las normas vigentes, lo que se puede constituir en causa de graves accidentes eléctricos. En ellas se utilizaban como energéticos elementos diferentes a la energía eléctrica, tanto para cocción como para iluminación. En cuanto a la iluminación se encontró en algunas la presencia de bombillos, todos de 110 voltios y 100 vatios y ninguno ahorrador. En total se encontraron 55 bombillos en la vereda.

Con el propósito de usar el potencial energético de biomasa leñosa existente en la región y de hacer un uso eficiente y racional de la energía, se suscribieron convenios con el objeto de implementar proyectos pilotos de generación de energía eléctrica a partir de la gasificación de biomasa leñosa con las tecnologías de lecho fijo y fluidizado. La tecnología de lecho fijo se hizo a través del convenio 053-2006 entre la Universidad Nacional y el IPSE, y la tecnología de lecho fluidizado se implementó entre La Universidad de Valencia de España y el IPSE.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO

El centro de innovación tecnológica con énfasis en biomasa consiste en un sistema integrado que inicia con el proceso de generación de energía eléctrica, luego continúa con el transporte y distribución de la energía eléctrica generada a una subestación de energía donde por medio de redes eléctricas llega al interior de los hogares de la vereda Nueva Pampa, para su uso y disposición.

4.2.1 Proceso de generación de energía eléctrica

El proceso de generación de energía eléctrica requirió de la instalación de la planta en un lote 4.075 m², cedido en comodato por un miembro de la comunidad de la vereda Nueva Pampa (figura 4-6). La planta cuenta con una vía de acceso que comunica con las etapas previas del ciclo y con la carretera principal, Turbo - Necoclí.

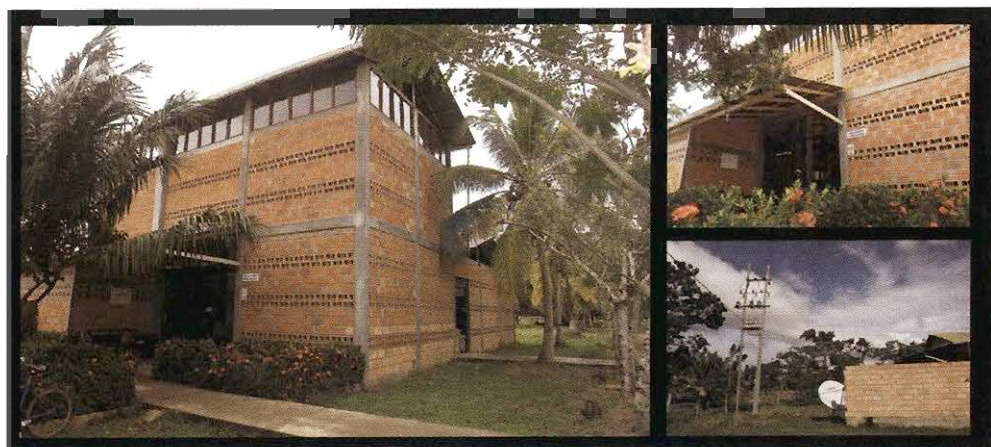


Figura 4-6. Planta de gasificación de biomasa leñosa-Nueva Pampa.

El proceso consta de varias etapas:

■ Recolección

Consiste en la recolección de la biomasa residual leñosa que será utilizada como materia prima para la generación de energía. Para ello, se dispondrá de un plan de manejo acorde con los resultados de la cuantificación y caracterización de la biomasa leñosa residual depositada en las playas cercanas a la vereda Nueva Pampa. Esta biomasa es arrastrada a las playas por el mar al que se la transfiere el río Atrato.

La biomasa es seleccionada, lavada y cortada en listones en la playa, en esta operación interviene personal para el corte con moto sierra y un ayudante, luego se continúa con su acopio donde se dispone el material durante un tiempo adecuado bajo condiciones atmosféricas de manera que este libere el exceso de humedad, recogiénola posteriormente el coche transportador de carga de tracción animal para ser llevada y almacenada en la planta de gasificación. En esta etapa, operan un motosierrista y su ayudante, un cochero y su ayudante; todos ellos habitantes de la vereda Nueva Pampa (figura 4-7).



Figura 4-7. Biomasa leñosa en la playa del Nueva Pampa

■ Presecado y almacenamiento primario bajo techo

La biomasa recopilada en la playa, así como otras maderas donadas como: ceiba, tachue y almendros, son almacenados bajo techo en espacio abierto iniciando su proceso de presecado, allí se extrae la máxima cantidad posible de humedad usando únicamente energía solar y los vientos incidentes, para este se determinaran tiempos de permanencia del material para su posterior corte y procesamiento (figura 4-8).



Figura 4-8. Almacenamiento bajo techo de biomasa.

■ Corte y procesamiento

En esta fase es reducido el material seleccionado a las dimensiones especificadas tanto para el gasificador de lecho fijo como para el fluidizado, para ello se usa maquinaria de aserrío. Allí se ubica un almacenamiento interno de biomasa con el fin de abastecer el proceso. La biomasa empleada en el gasificado de lecho fijo tiene un tamaño aproximado de 4 cm y para el fluidizado de 2 mm. Los desperdicios generados en forma de aserrín, viruta y astillas, se emplean en el proceso de gasificación (figura 4-9).



Figura 4-9. Corte y procesamiento de biomasa

■ Secado

Una vez reducido el material, a las dimensiones apropiadas para el gasificador, se pasa a una etapa de secado final (figura 4-10). La disipación de humedad en esta etapa se ha facilitado gracias a los procesos previos de secado al aire y a la reducción de tamaño del material. Para el proceso de secado se cuenta con tres subproceso, en el primero de ellos se realiza secado de la biomasa cortado en un secadero de rodillos empleando gases calientes de salida de la gasificación teniendo condiciones controladas de temperatura y flujo de aire. El segundo es llevado a cabo en secadores fijo aprovechando la energía solar y el tercero se encuentra ubicado a la salida del motor generador, aprovechando los gases generados de la combustión interna.



Figura 4-10. Secado de Biomasa.

■ Curado y empaque

La biomasa seca pasa a una zona de almacenamiento donde se cura la biomasa leñosa con productos químicos en polvo con el objetivo de no ser contagiada con diferentes plagas, la cual podría consumir y dañar la madera. La biomasa curada es empackada en paquetes de 20 kg y así disponerla al gasificador, al cual le ingresa 40 kg por hora de operación (figura 4-11).



Figura 4-11. Almacenamiento y curado de biomasa leñosa.

- Almacenamiento secundario

Los paquetes de biomasa de 40 kg/h son depositados a una caja de alimentación por medio de un elevador de cangilones y allí es llevada a una tolva de almacenamiento del gasificador, la cual provee de biomasa maderera al reactor de gasificación (figura 4-12).

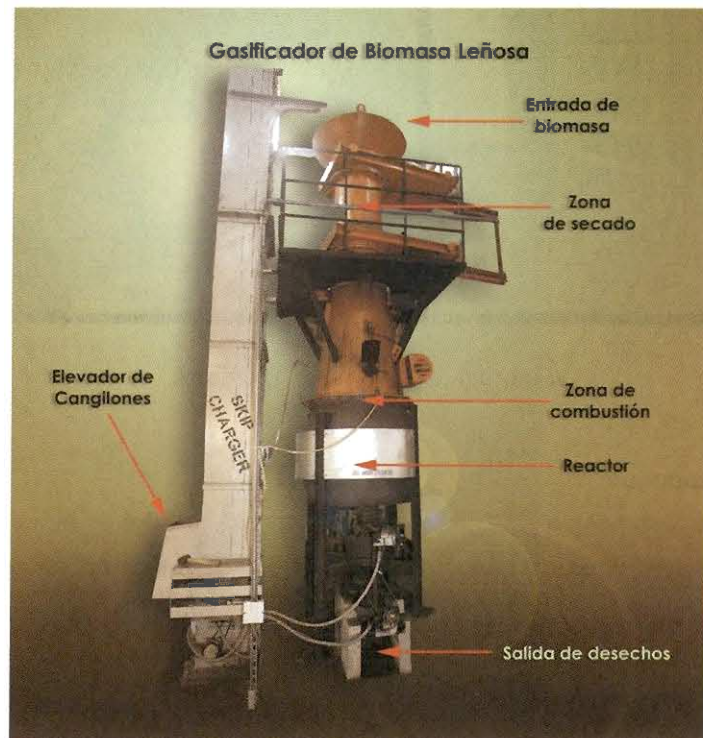


Figura 4-12. Tolva de almacenamiento.

- Gasificación

En el reactor del gasificador (figura 4-13) ocurre la reacción de combustión de la biomasa residual leñosa con el aire que ingresa a condiciones ambientales, produciendo un gas pobre. Los sólidos resultantes de la gasificación son almacenados y retenidos en el inferior del gasificador y el gas producido continúa el proceso de enfriamiento y limpieza.



Figura 4-13. Reactor del Gasificador lecho fijo de biomasa leñosa

- **Enfriamiento de gases y filtración**

El gas proveniente del gasificador pasa por un venturi con el fin de disminuir su temperatura e inicializar el proceso de limpieza de alquitranes (figura 4-14). El gas frío ingresa a filtros para continuar el proceso de limpieza. El primero de ellos es un filtro de gruesos donde se quedan retenidas aquellas partículas contaminantes de alquitranes de mayor tamaño, este está compuesto por madera picada y se le hace un mantenimiento cada 72 horas, el gas continua a un filtro activo compuesto por mallas y aserrín, al cual se le hace una limpieza semanal y para finalizar el proceso de limpieza, el gas pobre atraviesa por un filtro de vacío constituido con aserrín al que se le hace un tratamiento mensual y así finalmente pasar a un ultra filtro conteniendo las últimas partículas retenidas de alquitranes de menor tamaño en el gas.

- **Motor generador**

El motor generador de energía eléctrica se alimenta con el gas pobre impulsado por un soplador aumentando la cantidad de flujo de entrada, y por medio de una combustión interna se genera energía eléctrica. El motor generador tiene una potencia de 40 KW (figura 4-15).

El diagrama del proceso de gasificación de biomasa leñosa ubicado en la vereda de Nueva Pampa, municipio de Necoclí, se presenta en la figura 4-16



Figura 4-14. Venturi y filtros para tratamiento de gas pobre.



Figura 4-15. Motor generador de energía eléctrica.

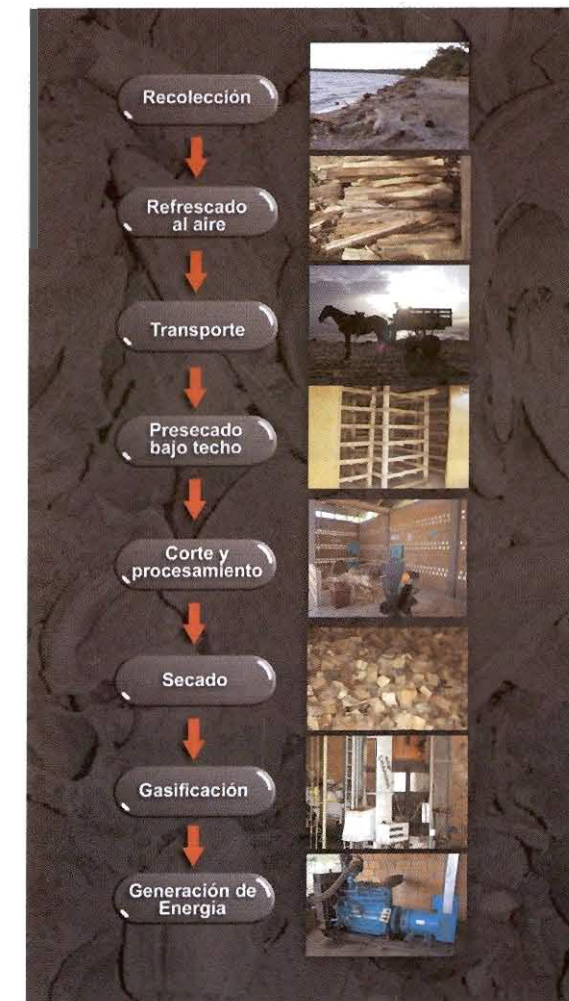


Figura 4-16. Diagrama del proceso de producción de energía eléctrica.

4.2.2 Transporte y distribución de la energía eléctrica

El sistema eléctrico de potencia inicia con el generador a gas cuya potencia nominal es de 41KVA, a una frecuencia de 60Hz y un voltaje de línea de 220V. El voltaje generado es elevado a través de un transformador de 45KVA (figura 4-17), obteniendo una relación de voltaje de 220/13200V. De este sistema salen tres derivaciones primarias monofásicas, el ramal más grande se divide en dos. Luego se tienen la distancia de los ramales en metros contados a partir del transformador elevador hasta llegar a los últimos transformadores monofásicos.

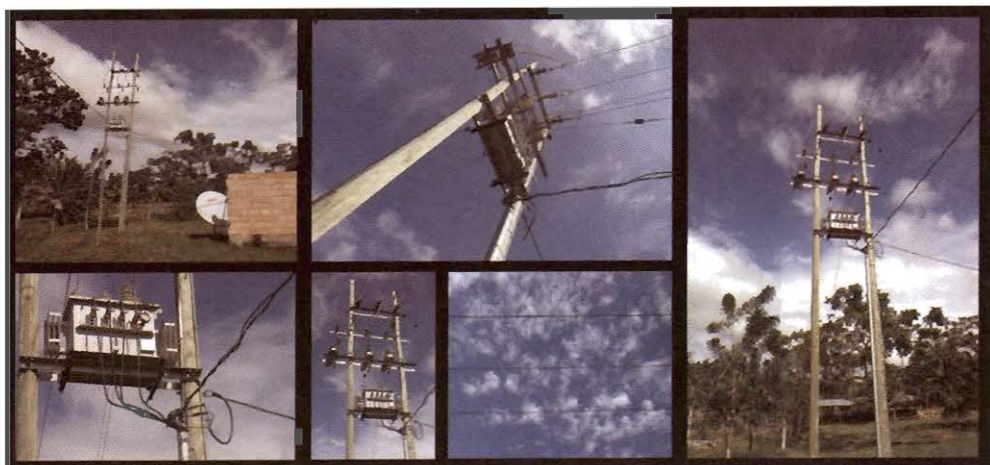


Figura 4-17. Subestación con transformador de 45 KVA.

En la tabla 4-1, se presenta los ramales derivados del transformador elevador y los sub-ramales que se presentan a medida que se realiza la distribución.

La distribución de la red primaria está conformada por postes en madera de 12 m y la línea secundaria, por postes en madera de 8 m. La red de distribución la componen los diferentes transformadores, protecciones de sobrevoltajes (descargadores), protecciones de sobrecorriente (corta circuitos) y diferentes tipos de conductores que se encuentran en todos los trayectos o ramales de la línea.

Tabla 4-1. Ramales derivados del transformador.

| Ramal | Distancia (m) | Conductor AAAC | Trafo NO | Potencia (KVA) | Poste NO |
|-------|---------------|----------------|----------|----------------|----------|
| 1 | 225 | 2 NO 4 | 1 | 1 | 18 |
| | 650 | 2 NO 4 | 2 | 1 | 22 |
| | 650 | 2 NO 2 | 3 | 1 | 40 |
| 2 | 465 | 2 NO 4 | 4 | 1 | 30 |
| | 385 | | 5 | 3 | 40 |
| 3 | 65 | 2 NO 2 | 6 | 6 | 1 |
| | 1190 | | | | |
| 3-a | 120 | 1 NO 2 | 7 | 1 | 34 |
| 3-b | 350 | 3 NO 2 | 10 | 5 | 15 |
| | | | 11 | 10 | |
| 3-a | 700 | 3 NO 2 | | | |
| 3-a-a | 275 | | 8 | 1 | 43 |
| 3-a-b | 125 | | 9 | 3 | 41 |

Del generador salen tres conductores de fase y uno de neutro hasta el transformador elevador dentro de un ducto de PVC de 4", estos conductores de cobre son 3N° 2 y 1N°4, los cuales están cubiertos y su especificación es THHN. A la salida, en el lado de alta del transformador, se encuentran las protecciones de sobrevoltaje y de sobrecorrientes, siendo seleccionado para este nivel de tensión descargadores de 10KV, 10KA y MCOV de 8,4KV. Se tiene una protección de sobrecorrientes (fusibles) de 15KV, 20KA y 100A.

Del transformador se derivan tres ramales monofásicos y en el recorrido de los diferentes ramales, se encuentran dispuestos varios transformadores (monofásicos) dando origen a las líneas secundarias (figura 4-18). Cada uno de los ramales posee como conductor cables AAAC de calibre N° 2 y calibre N° 4.

En el primer ramal encontramos 3 transformadores de 1KVA c/u, denominados como transformador 1, transformador 2 y transformador 3, cada uno de ellos se direccionan hacia diferentes lugares que cubre la vereda Nueva Pampa y a la planta de gasificación. Estos transformadores tienen como protección de sobrevoltaje un descargador cuyas características son 10KV, 10KA, MCOV de 8,4KV. Los transformadores 1 y 2 están conectados, cada uno, a través de dos cables AAAC N° 4, y el transformador 3 por medio de dos cables AAAC N° 2.

El segundo ramal tiene dispuestos en su recorrido dos transformadores: transformador 4 de 1KVA y transformador 5 de 3KVA. Estos elementos cuentan con protecciones de sobrecorriente y sobrevoltaje como las descritas en el primer ramal.

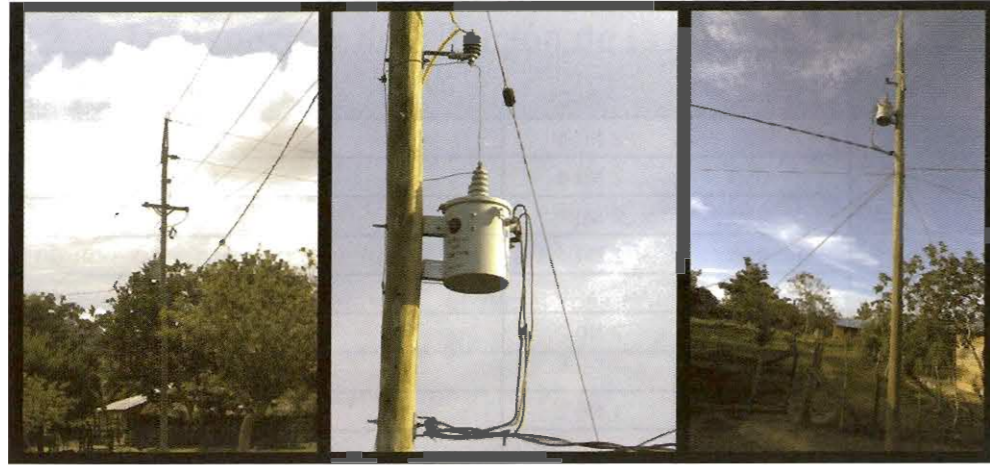


Figura 4-18. Líneas secundarias

Los conductores que conectan a los transformadores son dos cables AAAC N° 4 para la conexión del transformador 4 y dos conductores AAAC N° 2 para el transformador 5.

Encontramos unos sub-ramales en el ramal 3, denominados sub-ramal 3-a y sub-ramal 3-b; el ramal 3 tiene cuatro cables AAAC N° 4, con unos sub-ramales distribuyendo 1 conductor para el ramal 3a y tres conductores para el ramal 3b. Las protecciones de sobrecorriente y sobrevoltaje están descritas de la misma manera que en el primer ramal.

En la tabla 4-2 se describen las normas aplicadas a cada uno de los postes de la red primaria.

Para la red secundaria, los postes se encuentran dispuestos en promedio cada 400 m, en total se tienen 29 postes de ocho metros de altura en madera y con cable trenzado.

En la figura 4-19 se observa el diagrama unifilar representando el recorrido de la energía eléctrica desde su generación hasta llegar al interior de los hogares y la planta de gasificación.

4.2.3 Entrega y consumo de la energía eléctrica

La energía eléctrica es transformada de 7.620 voltios a 110 voltios y transportada por redes secundarias al usuario final, llegando a los contadores instalados en cada uno de los hogares beneficiados (figura 4-20); recorriendo luego por la adecuación de los sistemas eléctricos domésticos al interior del hogar. En la ejecución del proyecto se hizo dotación para el uso eficiente y racional de la energía (bombillas ahorradoras), haciendo así efectivo el servicio de electricidad.

Tabla 4-2. Normas aplicadas a cada uno de los postes de la red primaria.

| No. poste | Poste 0 | Poste 1 | Poste 2 | Poste 3 | Poste 4 | Poste 5 | Poste 6 | Poste 7 |
|-----------|---|--|-------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|--|---|
| Normas | RA6-001 RA2-026 RA6-010 RA3-013 RA2-073 | RA2-026 RA6-001 RA6-010 | RA2-601 RA6-010 | RA2-601 RA6-001 | RA2-601 | RA2-604 | RA2-601 | RA2-601 |
| No. poste | Poste 8 | Poste 9 | Poste 10 | Poste 11 | Poste 12 | Poste 13 | Poste 14 | Poste 15 |
| Normas | RA6-001 RA2-602 | RA2-601 | RA6-001 RA2-602 | | RA2-601 RA6-001 | RA2-601 | RA2-601 | RA6-010 RA2-603 RA3-603 RA3-026 RA6-003 |
| No. poste | Poste 16 | Poste 17 | Poste 18 | Poste 19 | Poste 20 | Poste 21 | Poste 22 | Poste 23 |
| Normas | RA6-010 RA6-001 RA3-012 RA3-013 | RA6-010 RA6-001 RA3-026 RA3-014 | RA6-010 RA3-011 | RA6-001 RA3-012 | RA3-011 | RA6-010 RA3-011 | RA6-010 RA6-001 RA3-013 RA3-026 | RA6-010 RA3-011 |
| No. poste | Poste 24 | Poste 25 | Poste 26 | Poste 27 | Poste 28 | Poste 28b | Poste 29 | Poste 30 |
| Normas | RA3-011 | RA3-011 | RA6-001 RA3-013 | RA6-010 RA3-011 | RA6-010 RA6-001 RA3-011 RA3-026 | RA3-011 | RA6-010 RA3-011 | RA6-010 RA6-001 RA6-013 RA3-026 |
| No. poste | Poste 31 | Poste 32 | Poste 33 | Poste 34 | Poste 35 | Poste 36 | Poste 37 | Poste 38 |
| Normas | RA6-010 RA3-011 | RA6-010 RA6-001 RA3-012 | RA6-010 RA6-001 RA3-013 | RA6-010 RA6-001 RA3-026 | RA6-010 RA6-001 RA3-011 | RA3-011 | RA6-001 RA3-014 | RA3-011 |
| No. poste | Poste 39 | Poste 40 | Poste 41 | Poste 42 | Poste 43 | | | |
| Normas | RA3-011 | RA6-001 | RA6-001 | RA6-010 | RA3-001 | | | |

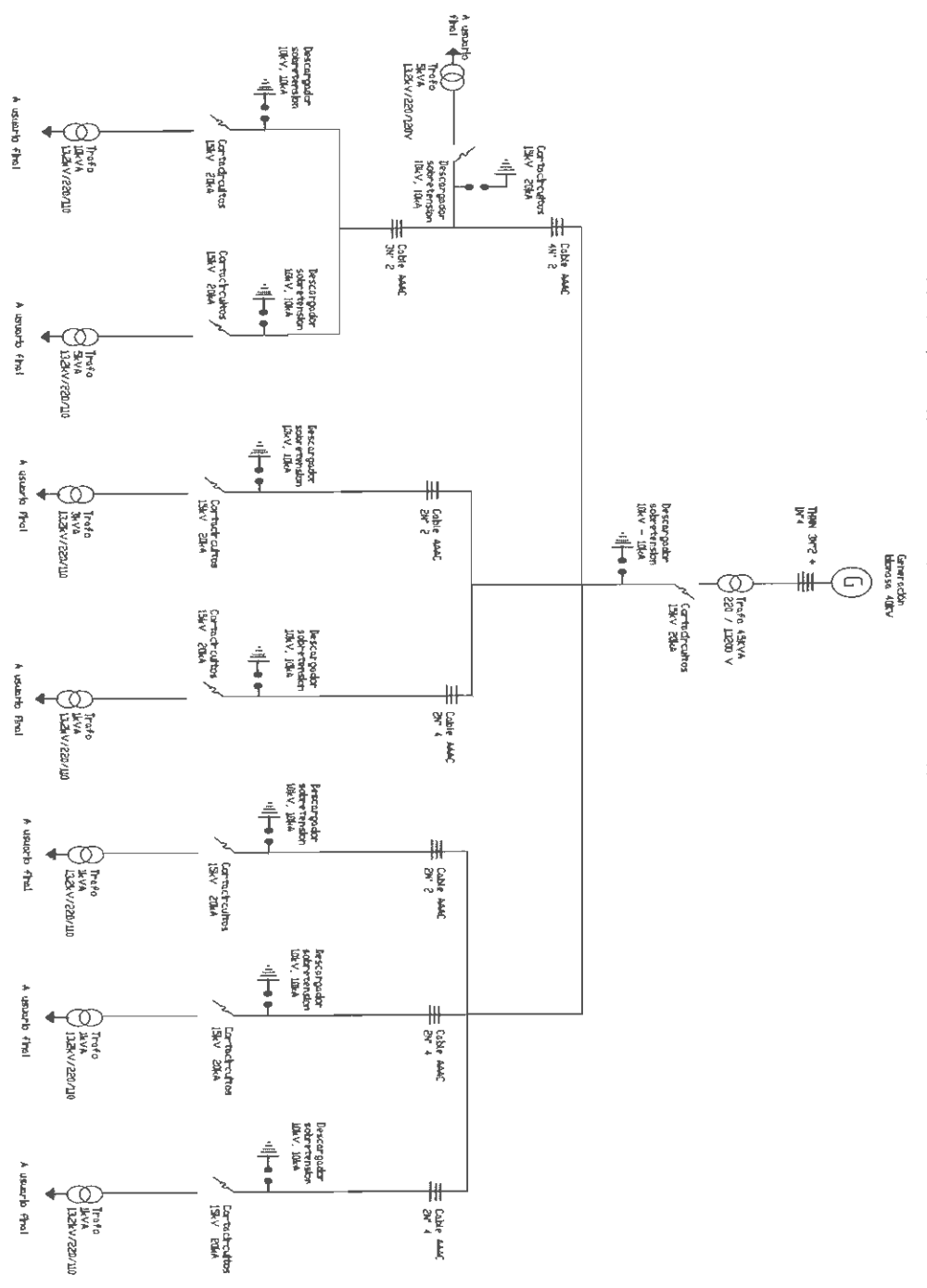


Figura 4-19. Diagrama Unifilar del sistema eléctrico de biomasa

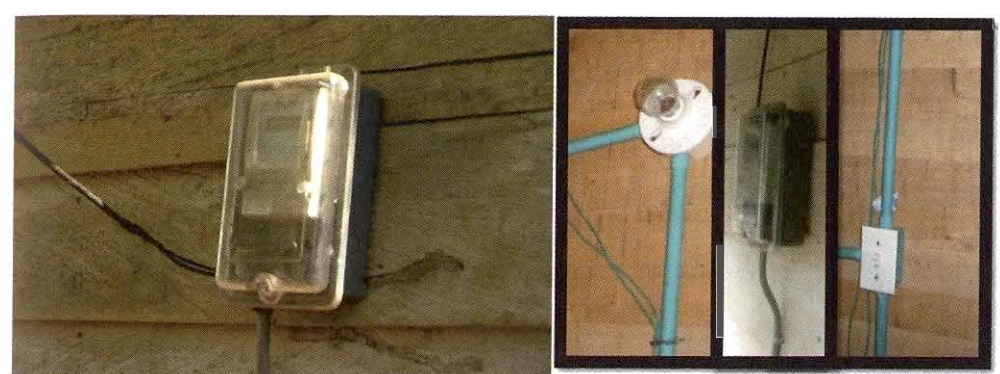


Figura 4-20. Acometida interna.

De esta forma el sistema se cierra retroalimentándose constantemente gracias a los planes de manejo sostenibles que se han establecido para la operación y flujo de cada una de las etapas del ciclo. Así, durante el ciclo existirá consumo y producción de energía, generación de empleo, impactos ambientales tanto positivos como negativos. En la figura 4-21 se visualiza el proceso de la ecoaldea que inicia con la producción de energía eléctrica, continua con la distribución y finalmente se efectúa su consumo al interior de los hogares.



Figura 4-21. Diagrama de flujo del sistema energético del centro.

4.4 CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DESARROLLO PARA LA COMUNIDAD

El planteamiento de Ecoaldea se hizo con el fin de integrar un proceso tecnológico donde interviene la producción de energía eléctrica y distribución para satisfacer las necesidades básicas de la comunidad de la vereda Nueva Pampa. A continuación se describe los beneficios recibidos por los usuarios finales del centro y su planteamiento frente al futuro.

Se estima entonces que el proceso del centro ha generado alrededor de diez empleos directos y varios más indirectos y temporales. De esta forma la ecoaldea ha mejorado las oportunidades laborales en la vereda Nueva Pampa, teniendo como beneficiarios no solo los usuarios del servicio de energía eléctrica sino también a aquellos empleados directos e indirectos (figuras 4-22 y 4-23).

La planta de generación de energía eléctrica a partir de biomasa leñosa tiene una capacidad de abastecimiento para 60 familias, aproximadamente, en la actualidad se encuentran beneficiadas alrededor de 30 familias. El proyecto de gasificación lleva un tiempo aproximado de ejecución de dos años. Al iniciar el proyecto de gasificación tenía un tiempo de operación de aproximadamente 2 horas al día, luego continuó con 4 horas, y en la actualidad se presta un servicio de 6 horas diarias, en horario nocturno de 5:00 pm a 11:00 pm. Anterior al proyecto o después de su apagado en horas nocturnas, el acceso a la luz en la vereda es por medio de velas. En la actualidad las familias continúan cocinando con leña o gas;



Figura 4-22. Habitante beneficiado con el proyecto de gasificación.



Figura 4-23. Hogar beneficiado con el proyecto de gasificación.

La electrificación le dio la oportunidad a la comunidad de avanzar tecnológicamente, después de su ejecución, las familias han ido adquiriendo diversos electrodomésticos y equipos electrónicos, como nevera, televisor, radio, ventilador, celular y entre otros (figura 4-24).

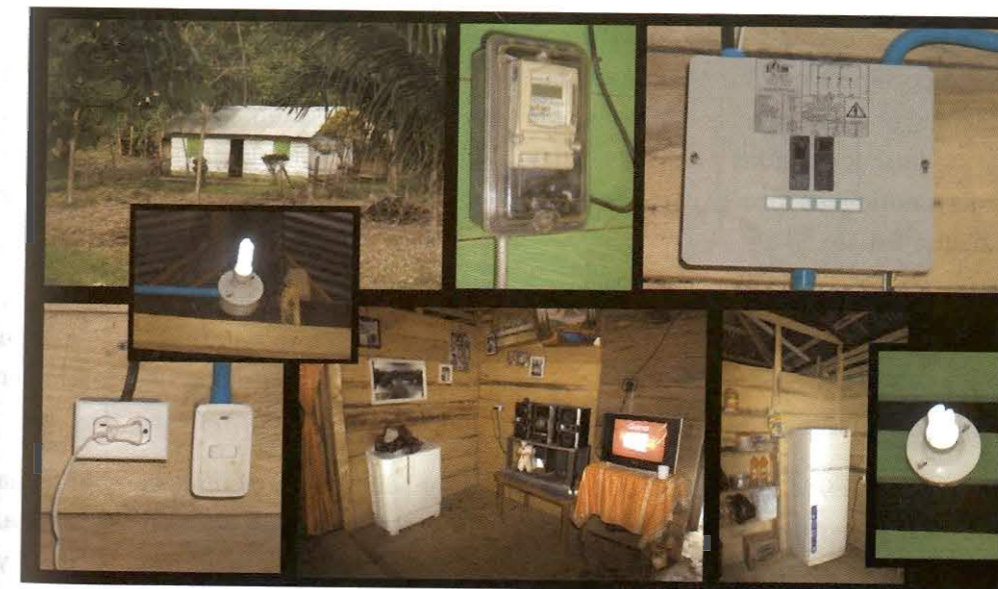


Figura 4-24. Electrificación al interior de los hogares.

Desde el inicio del proyecto tanto los empleados directos e indirectos como los usuarios del servicio y los habitantes de la vereda Nueva Pampa a través de convenios interinstitucionales entre el IPSE, el Parque Tecnológico y la Universidad Nacional sede Medellín, han sido beneficiados con programas de capacitación periódica en diversos temas, como administración, salud ocupacional, seguridad industrial, uso racional de la energía, manejo ambiental y entre otros. La ejecución del proyecto de gasificación de biomasa leñosa con la formación de la Ecoaldea, ha aportado no solo a la satisfacción de las necesidades energéticas de la comunidad de Nueva Pampa sino también a la formación educativa de sus habitantes.

Con la ejecución del proyecto, los habitantes beneficiados de la vereda Nueva Pampa formaron una asociación de consumidores llamada ASONUPA (Asociación de usuarios del servicio de la energía eléctrica de Nueva Pampa), teniendo como representante legal a uno de los usuarios. El servicio de energía eléctrica no tiene ningún costo económico para los asociados, pero en gratificación del servicio prestado los integrantes de la asociación se distribuyen en diferentes grupos donde se asignan tareas específicas de recolección, selección, corte y acopio de biomasa leñosa en las playas con el propósito de abastecer el proceso de gasificación.

4.5 CENTRO NACIONAL DE MONITOREO

El control de la de generación y consumo de energía en zonas aisladas y no interconectadas se convierte en una de las estrategias eficaces para el éxito en el suministro sustentable de energía (Pérez, 2010). En este sentido, la ayuda del Estado cobra importancia en la medida que sea capaz de analizar las dificultades desde la medición y el control de las variables energéticas de cada sistema de generación, en zonas no interconectadas y aisladas, y deje la operación de las planta generadoras de energía a entidades locales capaces de responder a las exigencias de la comunidad y del mismo Estado.

Dado que las zonas aisladas de Colombia presentan dificultades de comunicación, por su lejanía a los centros urbanos, es importante disponer de sistemas eficientes de monitoreo en el nivel remoto. Deben ser sistemas de telemetría capaces de ofrecer información en tiempo real para una toma de decisión oportuna y eficaz.

Los sistemas de telemetría son utilizados en diferentes disciplinas como una forma fácil y segura para realizar mediciones y seguimientos de manera remota, a variables de control, directamente desde el sistema hacia el centro de control y monitoreo. Esto permite, entre otras cosas, llevar un registro de operaciones, fallas y alertas para optimizar el servicio prestado, y en el caso específico de la energía eléctrica, promocionar el uso racional de la misma (figura 4-25)

SISTEMA DE MONITOREO EN ZNI Tipos de Ubicación de Puntos de medida

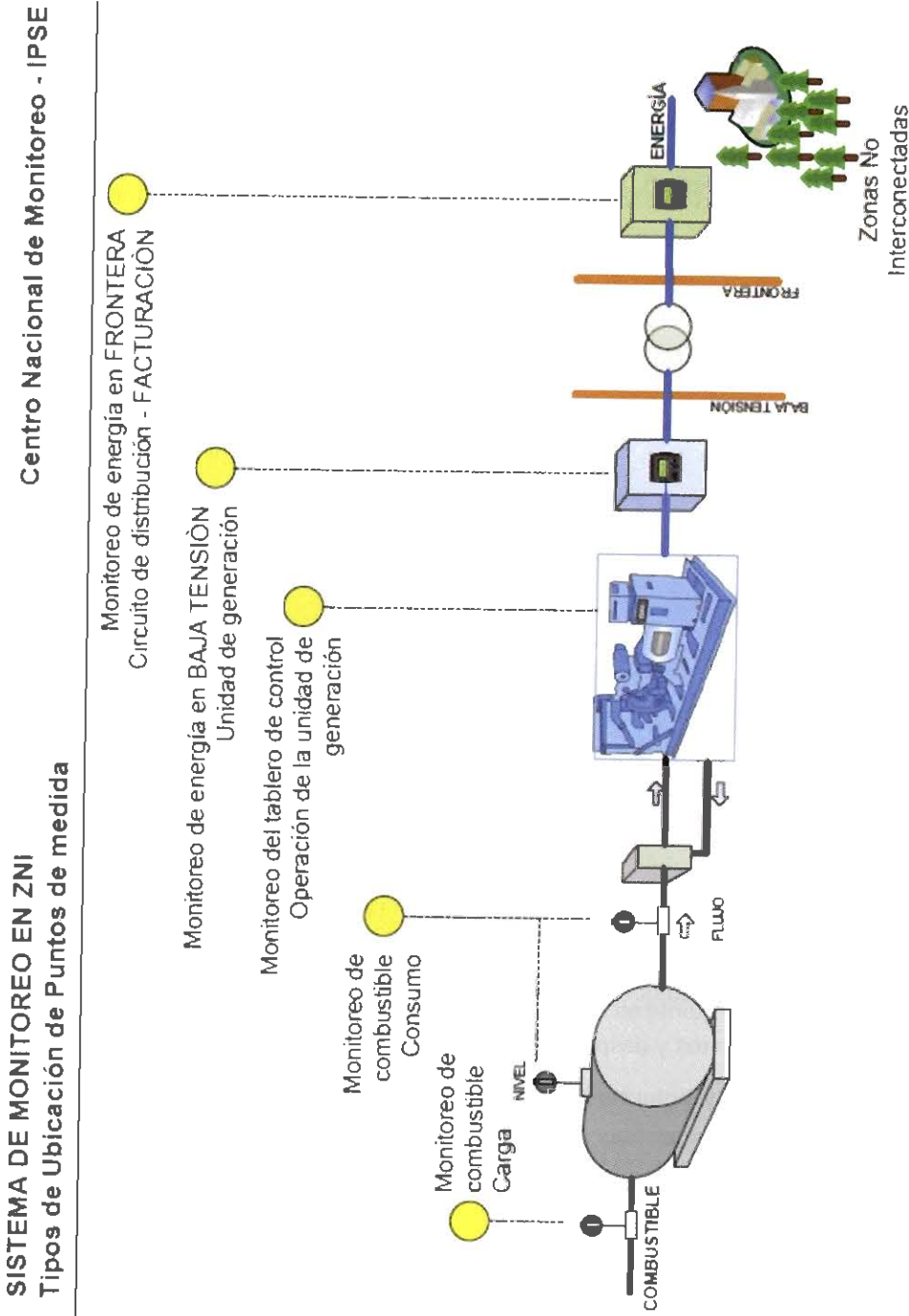


Figura 4-25. Sistema de monitoreo para zonas no interconectadas.
Fuente: IPSE, 2010.

4.5.1 Objetivos del Centro Nacional de Monitoreo

El Centro Nacional de Monitoreo (CNM) surgió, en septiembre de 2006, con el fin de disponer de una herramienta efectiva para realizar el seguimiento a la planeación en materia energética de las ZNI del país. La información procesada, depurada y validada por el CNM permite soportar el seguimiento a la prestación del servicio de energía en las cabeceras municipales de las ZNI de Colombia, en las áreas de servicio exclusivo y en los demás esquemas de gestión implementados por el gobierno nacional, en cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad confidencialidad y oportunidad de la información que aplica al proceso (Ecovativos, 2010).

El objetivo general del CNM es obtener, centralizar, validar y desplegar información real y actualizada de la infraestructura energética de las ZNI y su operación, a través de sistemas de telemetría, monitoreo y seguimiento; con estándares de calidad, confiabilidad y seguridad, lo cual permitirá soportar con ella los procesos de supervisión de los esquemas de gestión que se pongan en marcha por el gobierno nacional (IPSE, 2010). Los objetivos específicos son:

- Supervisión, monitoreo y seguimiento de la operación de la infraestructura energética de las ZNI.
- Crear los perfiles de las variables técnicas de la infraestructura energética de las ZNI con base en los registros históricos, con el fin de evaluar la información recolectada.
- Determinar la cantidad real de horas de prestación de energía eléctrica.
- Validar la Información de parámetros eléctricos (potencia activa, demanda máxima, curva de duración, corriente por fase, potencia reactiva, calidad de la potencia, factor de potencia, frecuencia, etc.).
- Tipificar la demanda activa, reactiva, demanda máxima y extrapolación resultados a localidades no medidas.
- Evaluar registros antes y después de interconexiones (evaluar resultados proyectos).
- Generar informes y boletines energéticos para soportar con ella los procesos de supervisión de los esquemas de gestión que se pongan en marcha por el gobierno nacional y como insumo a la planeación de soluciones energéticas estructurales.

4.5.2 Estructura del Centro Nacional de Monitoreo

El CNM está conformado por 6 funcionarios. La estructura organizacional se detalla en la figura 4-26. Para el buen funcionamiento del CNM cada funcionario que lo integra es responsable de tareas asignadas, esto con el fin de mantener una estructura equilibrada

y especializada en el entorno desarrollado para la infraestructura de información y seguimiento de los centros tecnológicos en ZNI. En este sentido, se facilita el logro de objetivos planteados y se mejora el tratamiento de la información, además de estar en constante comunicación con las demás áreas integradas al IPSE, con el fin de encontrar la eficiencia institucional para el bien de las localidades de las ZNI.

La buena administración y uso de la información, garantiza el continuo mejoramiento de proyectos de bienestar realizados en las zonas apartadas de Colombia, de aquí la importancia del buen desempeño de los funcionarios del CNM.



Figura 4-26. Estructura del Centro Nacional de Monitoreo, CNM. Fuente: IPSE, 2010.

4.5.3 Espacios de trabajo de la Central Nacional de Monitoreo

El Centro Nacional de Monitoreo dispone de espacios de trabajo para mejor manejo de la información y la supervisión de los centros manejados por la entidad. Estos espacios consisten en la delimitación de las actividades de generación, distribución y frontera, además de una futura proyección para proyectos de energía en localidades menores.

El monitoreo de energía y combustible en centrales de generación en las ZNI se da mediante sistema de supervisión en tiempo real con base de datos y software de gestión en el CNM del IPSE, integrando redes de medidores de energía y combustible.

Por último, el monitoreo de energía en baja tensión (proyectado) es posible a través del sistema de supervisión por consulta, base de datos y software de gestión en el CNM para monitoreo de energía en localidades menores de las ZNI, con infraestructura de medida en baja tensión, transmisión de datos una vez al día y comunicación CELULAR.

4.5.4 Instalaciones de telemetría en ZNI

La primera etapa de telemetría de energía en las ZNI instalado en 2007, se desarrolló en las localidades de Leticia, departamento del Amazonas; Inírida, departamento del Guainía; Puerto Carreño, en el departamento del Vichada; Mitú, capital del departamento de Vaupés; Guapi, municipalidad del departamento del Cauca; Puerto Leguizamó, departamento del Putumayo; Cartagena del Chaira, en el departamento del Caquetá; y Bocas de Satinga, localidad del departamento de Nariño. Esta etapa se realizó con recursos del FAZNI e IPSE. Esta experiencia se presto para reconocer las secciones más vulnerables del sistema, dando como resultado la mejora del diseño inicial, de forma que, los medidores se consultan directamente desde el CNM sin intervención de terceros y se unificó el sistema de comunicaciones.

El CNM-IPSE formuló y presentó ante el FAZNI el proyecto de telemetría para macromedición en 35 localidades de las ZNI, el cual gracias a las mejoras presentadas por el IPSE al proyecto piloto, logro aprobar en CAFAZNI la ejecución de la segunda fase, encontrándose actualmente está en proceso de pruebas en el CNM (figura 4-27).

Los Centros de Innovación Tecnológica que se encuentran en operación poseen su sistema de telemetría y monitoreo, además de los que están en planificación o construcción tienen proyectado su sistema de medida, para garantizar el buen uso y servicio de energía eléctrica (figura 4-28). Después de un proyecto piloto satisfactorio, con modificaciones en las partes débiles detectadas, y con el nuevo presupuesto aprobado para la expansión y ejecución de la segunda fase, se integraron 42 nuevas localidades al sistema de telemetría con supervisión directa desde el CNM; además se planea el mejoramiento y la expansión en diferentes localidades no interconectadas al Sistema Energético Nacional.

NM Proyectos de Telemetría CNM ZNI – Ubicación Geográfica

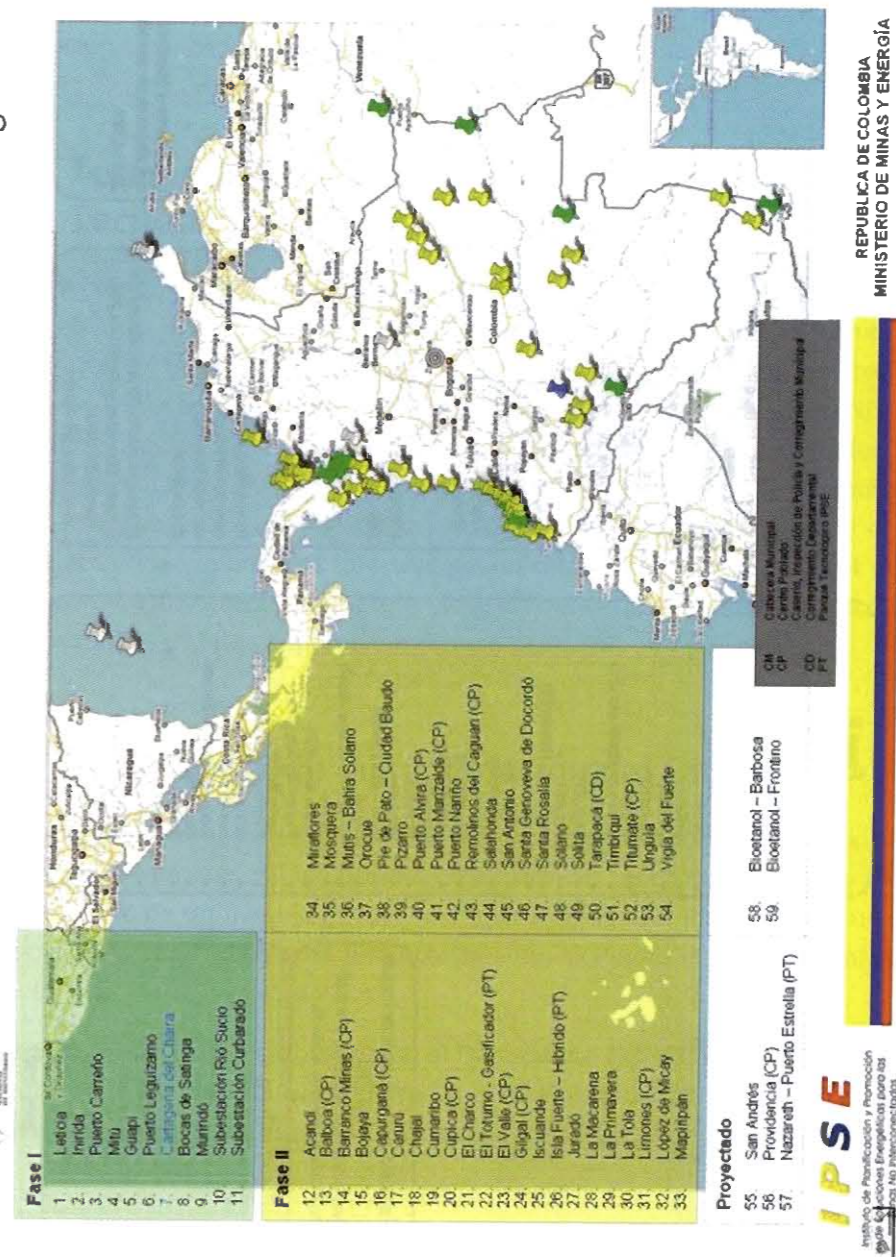


Figura 4-27. Instalaciones de telemetría en ZNI. Fuente: IPSE, 2010.

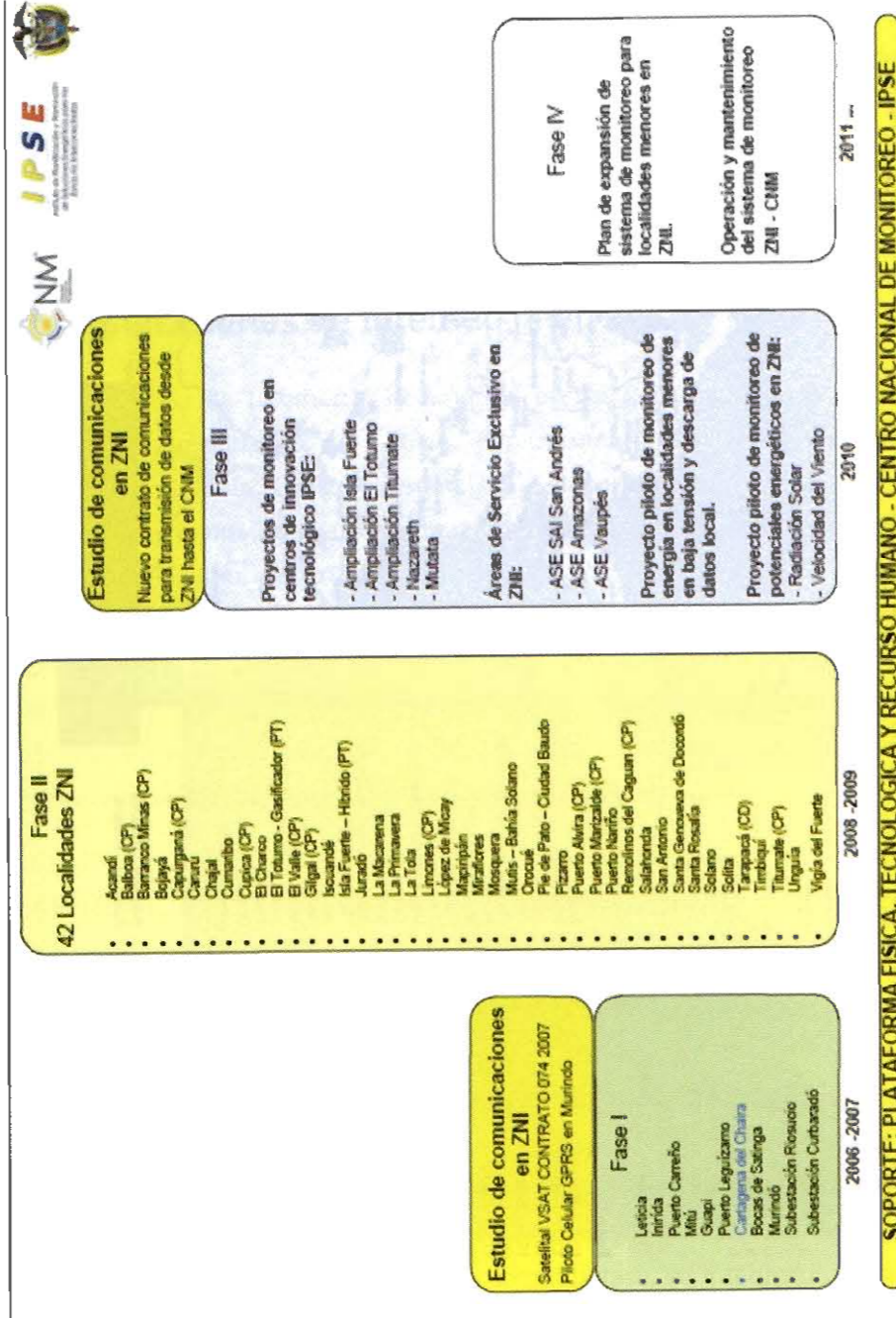


Figura 4-28. Telemetría Instalada Actualmente.
Fuente: IPSE, 2010.

La información transmitida al CNM de las variables energéticas de interés en cada zona donde existe sistema de telemetría, actualmente, se hace en tiempo real con actualizaciones cada 15 minutos, lo que garantiza reportes de gestión y operación confiables, además de generación de alarmas que permiten acciones rápidas y oportunas en caso de falla, garantizando el óptimo funcionamiento de la central. En localidades menores, con infraestructura en baja tensión, la transmisión de información se hace vía celular con 1 actualización por día.

4.5.5 Telemetría en Centro de Innovación Tecnológica El Totumo de Necoclí

El Centro de El Totumo, de acuerdo a la descripción técnica del proyecto, cuenta con el sistema de monitoreo de generación de energía y consumo de combustible para la central de generación, además del seguimiento de consumo en frontera y sistema de medida en baja tensión, lo cual se realizó con recursos FAZNI (figura 4-29). Este transporte de información se da a través de antenas satelitales desde la ZNI, comunicando mediante satélite a una estación terrestre de comunicación en Bogotá, utilizando un canal de última milla en fibra óptica entre ésta y el CNM, donde se decodifica y analiza la información en tiempo real, integrando el proceso de generación y transmisión de energía eléctrica del centro tecnológico, incluyendo todas sus variables y con la supervisión directa del CNM.

4.5.6 Importancia de la información del CNM

La supervisión y el registro de variables en tiempo real son de gran importancia, pues así se mantiene una calidad óptima en el servicio, se promueve el uso racional de la energía y se da un manejo adecuado a los recursos de cada centro tecnológico. Los aspectos más relevantes para justificar la adquisición de la información, son los siguientes:

- Dar cumplimiento a lo establecido en el Documento CONPES N° 3453 de 2006, al artículo 66 de la Ley 1151 del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 y al artículo 26, Parágrafo 2 de la Resolución 091 de octubre de 2007 de la CREG.
- Cantidad real de horas de prestación de la energía.
- Determinación circuitos sobrecargados o subutilizados.
- Tipificación de la demanda: activa, reactiva y demanda máxima.
- Identificación de intentos de fraude en los circuitos de alimentación.

**PROYECTO DE MONITOREO
Ampliación - Gasificador El Totumo - BIOMASA**

Centro Nacional de Monitoreo - IPSE

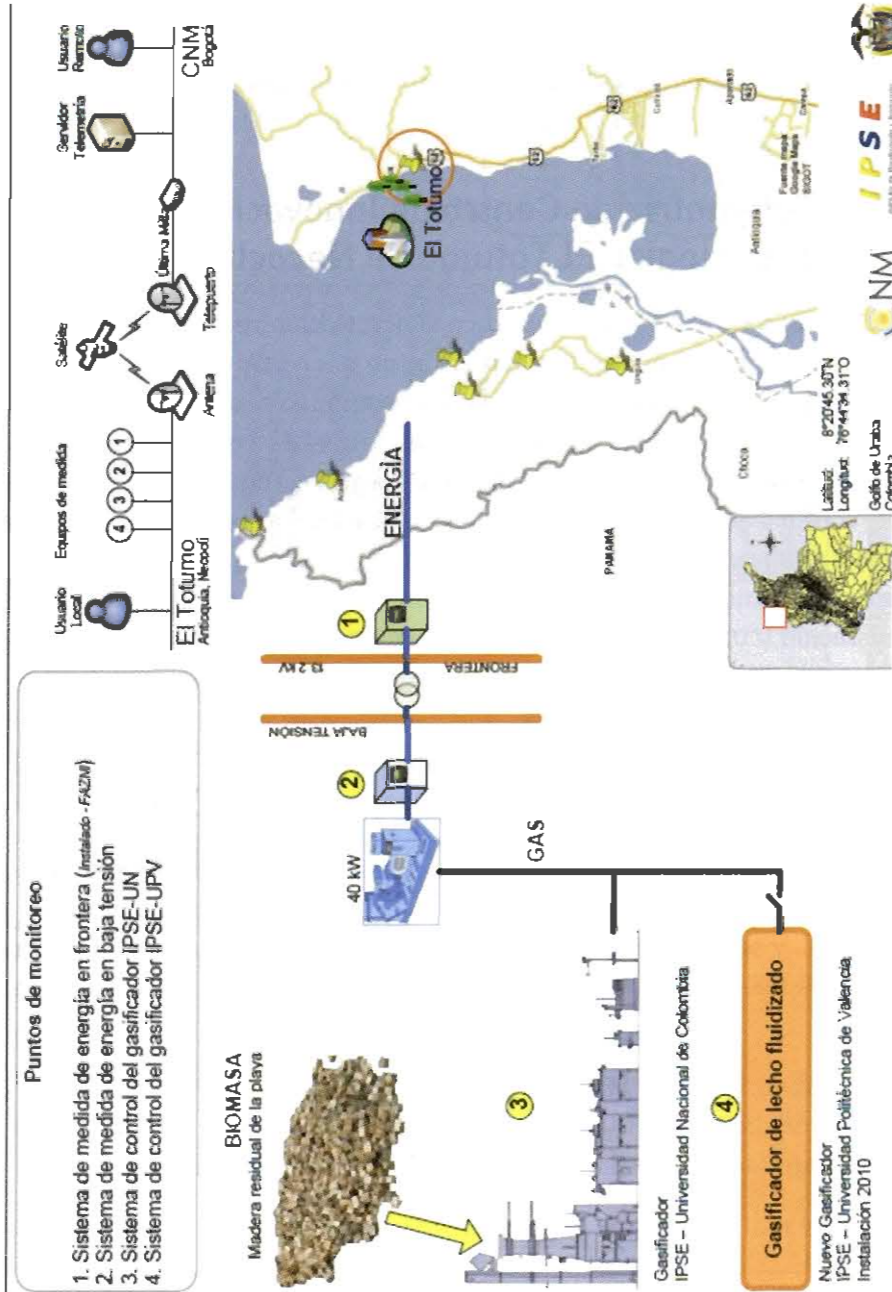


Figura 4-29. Sistema de telemetría en CIT El Totumo
Fuente: IPSE, 2010.

- Establecer un sistema de gestión para disminuir pérdidas de energía.
- Establecer señales de eficiencia para el consumo de combustible y la demanda de la electricidad.
- Cumplir con lo establecido en la normatividad en lo referente a medición de energía real entregada a los usuarios, con el fin de establecer valor de subsidios a girar.
- Establecer señales de crecimiento industrial, residencial y comercial de las localidades.
- Facilitar la discriminación de las pérdidas técnicas y no técnicas en cada uno de los circuitos de las localidades.
- Evitar recargar circuitos o subutilizarlos, cuando se presentan proyectos FAZNI de reposición o proyectos de expansión o interconexión.
- Evaluar registros antes y después de realizados los proyectos.
- Extrapolar información comparable entre las diversas localidades.

4.5.7 Producción de la información

Para el control de los procesos de generación y distribución de energía, la adquisición de datos es de gran relevancia, así como el buen manejo y procesamiento de éstos, para el aumento de productividad, pues dan información oportuna de la central generadora y los circuitos de media y baja tensión en cualquier momento. La metodología aplicada y el uso de esta infraestructura se presentan a continuación:

- Se desarrolló la metodología para procesar los datos obtenidos, documentada en el procedimiento de telemetría y monitoreo, la cual entrega como resultado información depurada y validada útil para los procesos que maneja el IPSE y el MME.
- Mediante memorando 200716000088093 de Diciembre de 2007, se formuló la política de administración de la información para ser incluida en el marco de las resoluciones que adoptó el MECI.
- Se diseñaron y publicaron mediante reportes semanales y mensuales la información de la energía registrada mediante el proceso de telemetría y monitoreo.
- Se instaló el sistema de última milla para dar mayor seguridad a los datos transmitidos desde la ZNI hasta el IPSE, mediante una red privada.
- Mediante fuentes de información primaria el CNM presenta información veraz y oportuna de la prestación del servicio en las ZNI, consultando la continuidad

del servicio a través del sistema de telemetría y del llamado telefónico a las localidades, esta información es utilizada por las áreas misionales del IPSE, por el MME y por diferentes empresas de las ZNI para facturación.

- Reporte telefónico: mediante llamado a las localidades, el IPSE, que no tienen telemetría instalada, está en permanente contacto con las empresas prestadoras del servicio de energía para verificar la operación de la infraestructura energética o conocer la naturaleza de los problemas que se presentan en cada localidad, este reporte circula ante las subdirecciones de IPSE.
- Reportes semanales: mediante los sistemas de telemetría se obtienen los datos que son validados y reportados semanalmente sobre la prestación del servicio de energía en las localidades monitoreadas, mostrando la curva de carga diaria.
- Boletín mensual: presenta el resumen del comportamiento y prestación del servicio de energía en cada localidad monitoreada, acompañada del análisis y comparativos mensuales de los datos registrados.
- Sistema de información SIETE: el sistema de información desarrollado en el Centro Nacional de Monitoreo IPSE, incluye información de la Telemetría instalada en las ZNI e infraestructura energética instalada en las localidades de las ZNI, la cual se ha obtenido de diversas fuentes, información de subsidios, cupos de combustible e información secundaria obtenida de entidades externas especializadas como DANE, IDEAM, entre otras.

4.5.8 Logros alcanzados

Durante la implementación de fase piloto y de los proyectos que se adelantan actualmente, se han desarrollado mejoras a la plataforma tecnológica con la que cuenta el CNM, además del mejoramiento de los sistemas de telemetría. Se ha ampliado la cobertura a diferentes localidades y la seguridad en el canal de comunicación. A continuación se presentan los principales logros:

- Desarrollo del sistema de información del CNM-SIETE-, que integra toda la información que actualmente gestiona el Centro Nacional de Monitoreo, CNM (telemetría, seguimiento al llamado telefónico, información de infraestructura energética de las ZNI, subsidios).
- Gestionar y lograr ante el Ministerio de Minas y Energía, el reconocimiento en valor (\$) del costo de seguimiento del CNM en las Áreas Exclusivas de Gestión, ASE
- Fortalecimiento de los sistemas de cómputo de la red mediante la migración del servidor de red y base de datos a nuevos discos duros, considerando la entrada

en operación de 35 nuevas cabeceras municipales y los nuevos sistemas que en adelante se implementen.

- Estructuración, contratación e Implementación de un esquema de seguridad para salvaguardar la integridad de la información almacenada en los servidores de IPSE y CNM, protección de red de datos y para el seguimiento y control al uso del Internet. (un servidor Firewall, integrado a servidor proxy).
- Implementación y puesta en marcha del servidor de respaldo, para el restablecimiento del CNM.
- Estructuración del portafolio de servicios para sala de videoconferencias.
- En la segunda fase y teniendo en cuenta el aumento de localidades con telemetría, se cambió el direccionamiento a IP PRIVADO con descarga de datos por ULTIMA MILLA obteniendo máxima seguridad de tipo lógico y físico, de tal forma que para acceder a los datos de un medidor en ZNI debe estar físicamente conectado a la red LAN del CNM, tener configurado el mapa de direccionamiento IP PRIVADO y tener los accesos del sistema de seguridad lógico.
- Estructuración e Implementación de sistemas de telemetría en Providencia y Subestación el Bight en San Andrés.
- Implementación de telemetría en 53 localidades: 51 localidades con recursos FAZNI (7 primer proyecto piloto y 44 en la vigencia 2009) y 2 con recursos propios.
- Estructuración e implementación del SERVIDOR DE TELEMETRÍA CNM - ION ENTERPRISE, el cual consta de un Software de Gestión de Energía – Combustible, monitoreo de centrales en ZNI integrando redes de medidores de energía y combustible, sistema de supervisión en TIEMPO REAL, base de datos y software de gestión en el CNM, base de datos SQL 2005 Standard Edition database, aplicación de consulta WEB, Integración de redes de medidores de diferentes marcas en protocolo MODBUS y OPC[1]y gestión de comunicaciones con los medidores sobre protocolos TCP-IP (Internet-Ultima Milla) y capacidad de comunicación con CELULAR GPRS.

5. ASPECTOS FINANCIEROS

Un factor importante en todo proyecto de generación, independiente de de su connotación original, son los costos que se requieren para su realización, que incluyen tanto los de inversión como los gastos de operación. En zonas aisladas no interconectadas, éstos tienen componentes adicionales no necesarios en otras zonas, como son los costos asociados con la accesibilidad a la zona de interés, que pueden incrementar el valor total y obligar a utilizar otros criterios para que la dinámica financiera de la evaluación de proyectos funcione y se convierta en objeto social, el desarrollo socioeconómico a través de la generación de energía. En este capítulo, se estudia la relación entre el costo total anual y la energía generada, lo cual permite definir el costo unitario de generación para la zona no interconectada.

5.1 ESTRUCTURA GENERAL DE COSTOS

En el costo de generación se diferencian dos grandes grupos de costos, dependiendo de los períodos en que son causados, los preoperativos y los operativos. Los primeros corresponden básicamente a las inversiones que se realizan una sola vez y antes de entrar en operación el proyecto. Los segundos corresponden a costos periódicos, fijos o variables, que garantizan la operación del centro (UPME, 2005).

La determinación de los costos operativos y preoperativos se realiza con base en los siguientes tres grupos de variables (UPME, 2005):

- Variables geográficas: comprenden básicamente el potencial energético del recurso en la región y la infraestructura disponible en vías de acceso, líneas de conexión eléctrica y gasoductos. Dicha infraestructura disponible incide directamente en los costos preoperativos asociados a las respectivas obras requeridas por las centrales.

- **Planta típica:** corresponde al conjunto de variables tales como capacidad de generación, factor de planta, vida útil y eficiencia; las cuales definen el sistema de generación considerado. Este tipo de variables tiene una incidencia directa en los diferentes componentes de los costos preoperativos y operativos.
- **Regulación y leyes:** variables que inciden básicamente en los costos de ley operativos y preoperativos en el proceso de nacionalización y adquisición de ítems importados.

Con el total de los costos preoperativos y el uso de variables económicas como la tasa de descuento y la vida útil de la central, se calcula el costo preoperativo anual. Este costo se suma al costo operativo anualizado para obtener el costo total por año (UPME, 2005).

De otro lado, la energía media anual se determina mediante las características propias de la central, tales como capacidad instalada y factor de planta. En varios casos, como en la generación térmica e hidroeléctrica, se deben suponer los factores de planta típicos de este tipo de aprovechamientos; en otros casos, como la generación solar fotovoltaica y eólica, el factor de planta dependerá de las condiciones del potencial respectivo en las diferentes regiones consideradas (UPME, 2005).

Una vez definido los costos totales por año y la energía media anual, se halla la relación entre estos dos factores, lo cual permite evaluar el costo unitario de generación, objetivo central del presente análisis. Para la definición de esta relación, se presentan algunas consideraciones generales y preliminares sobre las diferentes componentes del costo de generación.

5.1.1 Costos Preoperativos

Los costos preoperativos constan de los siguientes ítems:

- **Estudios e investigaciones:** en este rubro se incluyen los estudios básicos orientados hacia la determinación del potencial del recurso (ESMAP, 2007), tales como geología e hidrología.
- **Predios:** incluye el costo del terreno donde se localiza la planta o de las servidumbres requeridas para conducciones, instalaciones y líneas de transmisión. Para el cálculo de este ítem es necesario determinar las áreas requeridas para cada tecnología y tipo de planta. Se aplica un costo unitario por hectárea (UPME, 2005).
- **Infraestructura:** comprende las obras de accesos, conexión, requerimientos para la construcción y operación de las plantas. Par este tipo de costos se considera todo lo relacionado con las vías de acceso, líneas de conexión, campamentos y oficinas (UPME, 2005).

- **Obras civiles:** considera los costos de la infraestructura física requerida para el aprovechamiento del recurso (UPME, 2005).
- **Equipos nacionales:** son equipos de fabricación o adquisición nacional, por lo tanto, se considera el costo del equipo instalado y sí se trata de equipos de origen internacional comprados a proveedores en Colombia. no se tienen en cuenta los trámites y los costos de la importación.
- **Equipos importados:** para el análisis de costo de los equipos importados se consideraron los siguientes componentes (ESMAP, 2007):
 - **Costo FOB:** costo en el puerto del país de origen del equipo.
 - **Transporte marítimo y seguro:** se aplica como un porcentaje al costo FOB del equipo.
 - **Arancel:** se aplica de acuerdo con la posición arancelaria y el arancel para cada uno de los equipos. Este arancel se aplica al costo FOB más el costo de transporte y seguro marítimo. Se define un porcentaje dependiendo de la tecnología y el tipo de planta.
 - **Impuesto al Valor Agregado (IVA):** porcentaje aplicado al costo FOB más el costo de transporte y seguro marítimo. Se consideran las excenciones establecidas en la legislación nacional.
 - **Nacionalización, bodegaje, carta de crédito:** se expresa como porcentaje del costo FOB, más transporte, arancel e impuesto IVA.
 - **Transporte y seguros internos:** porcentaje sobre el costo FOB, transporte marítimo, seguros, arancel, IVA y nacionalización.
 - **Costo de instalación:** comprende los materiales y la mano de obra requeridos para llevar la instalación del equipo, depende de cada planta y tecnología.
- **Inversiones ambientales:** en este rubro se incluyen los estudios previos e inversiones iniciales en el área ambiental, no se incluyen los planes de manejo. En plantas no convencionales se consideran los principales impactos ambientales y se estiman los costos de las medidas de mitigación y compensación (UPME, 2005).
- **Ingeniería:** considera los costos de diseño, interventoría y administración técnica y ambiental durante la construcción del proyecto. Se calcula como un porcentaje de la suma de los costos nacionales, importados y ambientales, dependiendo de las diferentes plantas y tecnologías (ESMAP, 2007).
- **Imprevistos:** se incluyen dos tipos imprevistos: los e construcción, los cuales se estiman como un porcentaje del costo total de las obras civiles y de las obras de infraestructura, éste depende del tipo de tecnología; y de los equipos, que se

estima como un porcentaje del costo total de los mismos, éste depende del tipo de tecnología (ESMAP, 2007).

- **Financieros preoperativos:** es el sobre costo dado por la escalado de los costos durante el período de construcción, cuya duración depende de la tecnología y el tamaño o capacidad de las unidades, así como los intereses preoperativos, normalmente se incluyen dentro de los costos de instalación. Se determina como un porcentaje de la suma de los costos de inversión, de ingeniería e imprevistos (UPME, 2005).
- **Ley preoperativos:** se incluyen todos los cargos de ley que puedan aplicar durante el periodo de construcción según las diferentes tecnologías, plantas tipo y regiones; por ejemplo: fondos especiales municipales, impuesto predial, etc (ESMAP, 2007).

5.1.2 Costos Operativos

Los costos operativos constan de los siguientes ítems:

- **Administración, operación y mantenimiento (AOM), componente fija:** corresponde a los costos de funcionamiento de la empresa de generación (UPME, 2005).
- **Administración, operación y mantenimiento (AOM), componente variable:** corresponde a un componente producto de la operación de la empresa de generación (UPME, 2005).
- **Combustible:** es uno de los componentes más importantes de los costos variables de operación, en particular en la generación térmica, en la generación a partir de motores alternantes y de biomasa (ESMAP, 2007).
- **Manejo ambiental:** en este punto se consideran los costos de los planes de manejo ambiental y de las medidas necesarias para cubrir contingencias en esa área. Al igual que los costos preoperativos ambientales se establecen como un porcentaje de las inversiones requeridas (UPME, 2005).
- **Seguros:** corresponde a los gastos por pago de seguros que el proyecto deberá asumir anualmente, para la normal cobertura de riesgos considerados en los diferentes proyectos. Este rubro puede ser estimado como un porcentaje de los costos directos de inversión (ESMAP, 2007).
- **Cargos de ley operativos:** incluye todos los cargos de ley aplicables durante la operación del proyecto, depende de cada tecnología, planta tipo y región. Por ejemplo: impuesto de industria y comercio, impuesto predial, etc (UPME, 2005).

5.2 ESTRUCTURA GENERAL DE COSTOS PARA GASIFICACIÓN DE BIOMASA

Para la estimación de los costos se evaluará esta tecnología por medio de dos análisis: el primer análisis será sobre un pequeño sistema de 100 kW aplicable a las solicitudes de mini-red y un sistema grande de 20 MW. Estos datos son tomados para el año 2005 (ESMAP, 2007). Un segundo análisis se realizará para una capacidad de 75 MW y 150 MW con datos tomados del National Renewable Energy Laboratory, correspondientes a 2001 (NREL, 2003).

En la Tabla 5-1 se detallan los parámetros de diseño y supuestos económicos que se tendrán en cuenta para la estimación de costos del primer análisis.

Tabla 5-1 Supuestos de diseño para la estimación de costos en el primer análisis

| Parámetros | Capacidad | |
|--|----------------------------------|--------|
| | 100 | 20.000 |
| Combustible | Madera/residuos de madera | |
| Valor calorífico del combustible (kJ/kg) | 16.760 | 16.760 |
| Factor de capacidad (%) | 80 | 80 |
| Vida útil del sistema (años) | 20 | 20 |
| Consumo específico de combustible (kg/kWh) | 1,6 | 1,5 |
| Eficiencia del proceso (%) | 13,5 | 14,33 |

Fuente: ESMAP, 2007

En la Tabla 5-2 se definen los parámetros de diseño y supuestos que se tendrán en cuenta para el segundo análisis (NREL, 2003).

Tabla 5-2. Supuestos de diseño para la estimación de costos en el segundo análisis

| Parámetros | Capacidad | |
|--|----------------------------------|--------|
| | 100 | 20.000 |
| Combustible | Madera/residuos de madera | |
| Valor calorífico del combustible (kJ/kg) | 16.760 | 16.760 |
| Factor de capacidad (%) | 80 | 80 |
| Vida útil del sistema (años) | 20 | 20 |
| Consumo específico de combustible (kg/kWh) | 1,6 | 1,5 |
| Eficiencia del proceso (%) | 13,5 | 14,33 |

*El valor calorífico del combustible se tomó ESMAP
Fuente: NREL, 2003

5.2.1 Costo de instalación

En el costo de instalación o inversión inicial se tienen en cuenta los costos de los equipos característicos para esta tecnología como los son (UPME, 2005): el gasificador, la turbina de gas, la turbina de vapor, el sistema de control y la limpieza de gas caliente. Además de lo anterior, en el primer análisis, el costo de instalación también incluye la infraestructura y obras civiles, costos de montaje, ingeniería, puesta en marcha y proceso de contingencia como se presenta en la tabla 5-3 (ESMAP, 2007). En la tabla 5-4 se muestran los costos de instalación para el segundo análisis (NREL, 2003).

Tabla 5-3. Costo de instalación o inversión inicial para el primer análisis en (USD \$/kW)

| DESCRIPCIÓN | Costos (USD \$/kW) | |
|-------------------------|--------------------|-------|
| | Capacidad | |
| | 100 kW | 20 MW |
| Costo de equipos | 2.490 | 1740 |
| Obras civiles | 120 | 110 |
| Ingeniería | 70 | 40 |
| Puesta en marcha | 70 | 60 |
| Proceso de contingencia | 130 | 100 |
| Capital total requerido | 2.880 | 2.030 |

Fuente: ESMAP, 2007

Tabla 5-4. Costos de instalación o inversión inicial para el segundo análisis (USD \$/kW)

| Descripción | Costos (USD \$/kW) | |
|-------------------------|--------------------|--------|
| | Capacidad | |
| | 75MW | 150 MW |
| Capital total requerido | 1.547 | 1.272 |

Fuente: NREL, 2003

5.2.2 Costos de generación

Dentro de esta tecnología el costo del combustible, en este caso de la biomasa, es el parámetro más importante en la estimación de los costos de generación. El costo de la materia prima depende de muchos factores como la ubicación del proyecto, el tipo de materia prima, la cantidad requerida y las alternativas de uso presente y

futuro (ESMAP, 2007). Para este estudio se utilizará el costo de combustible en un rango de 11,1 USD\$/ton a 33,3 USD\$/ton, con un valor probable de 16,6 USD\$/ton (ESMAP, 2007).

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño que se indicaron en la tabla 5-1, se pueden estimar los costos de generación para el primer análisis que incluye los costos de operación y mantenimiento, los cuales se presentan en la tabla 5-5.

Tabla 5- 5. Costos de generación primer análisis

| DESCRIPCIÓN | Costos (USD \$/kWh) | |
|--|---------------------|--------|
| | Capacidad | |
| | 100 kW | 20 MW |
| Costos fijos (operación y mantenimiento) | 0,0034 | 0,0025 |
| Costos variables | 0,0157 | 0,0118 |
| Costo del combustible | 0,0264 | 0,0249 |
| Costo total de generación | 0,0455 | 0,0392 |

Fuente: ESMAP, 2007

Para el segundo análisis se tienen en cuenta los parámetros de diseño que se indicaron en la tabla 5-2. Se utiliza el mismo costo del combustible con el cual se realizó el primer análisis con los datos ESMAP. Los costos de generación para dicho análisis se presentan en la tabla 5-6.

Tabla 5-6. Costos de generación segundo análisis (UDS \$/kWh).

| DESCRIPCIÓN | Costos (USD \$/kWh) | |
|---|---------------------|--------|
| | Capacidad | |
| | 75 MW | 150 MW |
| Costos fijos (operación y mantenimiento). | 0,0057 | 0,0046 |
| Costos variables | 0,0056 | 0,0053 |
| Costo del combustible | 0,0264 | 0,0249 |
| Costo total de generación | 0,0377 | 0,0348 |

Fuente: NREL, 2003

El costo total incluye tanto los costos de generación como los costos de instalación. Estos últimos vistos como pagos anuales con una tasa del 12% anual y una vida útil del proyecto de 20 años, se toman como un costo de financiación. En la tabla 5-7 se presenta un resumen de los costos totales para cada capacidad.

Tabla 5-7. Costos totales (USD \$/kWh)

| DESCRIPCIÓN | Costos(USD \$/kWh) | | | |
|---------------------------|--------------------|--------|--------|---------|
| | Capacidad | | | |
| | 100 | 20.000 | 75.000 | 150.000 |
| Costo total de generación | 0,0455 | 0,0392 | 0,0377 | 0,0348 |
| Costo financiación | 0,0529 | 0,0373 | 0,0253 | 0,0208 |
| Costo Total | 0,0984 | 0,0765 | 0,0630 | 0,0556 |

Fuente: ESMAP, 2007; NREL, 2003

En la figura 5-1 se puede observar la curva de costos de acuerdo a los tamaños de plantas analizados, de aquí podemos ver el comportamiento de economías de escala que presentan los costos en estas tecnologías de generación.

Los avances tecnológicos y el aprendizaje que se ha desarrollado a los largo de los últimos años permite hacer proyecciones para los próximos años de costos mucho menores que los del pasado o los actuales. En la tabla 5-8 se presenta estas proyecciones para el primer análisis realizado con los datos del ESMAP.

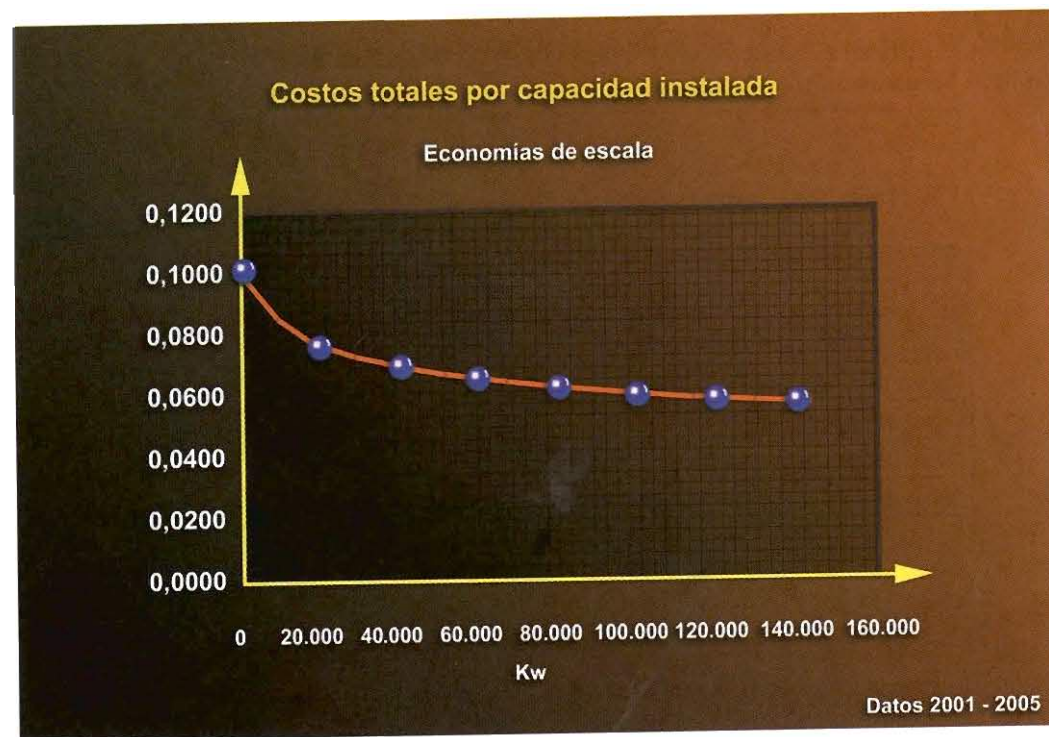


Figura 5-1. Costos totales por capacidad instalada
Fuente: ESMAP, 2007; NREL, 2003

Tabla 5-8. Proyección de costos de generación 2005-2015 (USD \$/kWh)

| CAPACIDAD | Costos (USD \$/kWh) | | |
|-----------|---------------------|--------|--------|
| | Año | | |
| | 2005 | 2010 | 2015 |
| 100 kW | 0,0984 | 0,0926 | 0,0902 |
| 20 MW | 0,0765 | 0,0724 | 0,0706 |

Fuente: ESMAP, 2007; NREL, 2003

Se tomaron los datos del ESMAP y se analizaron las proyecciones de costos optimistas, probables y pesimistas para los años 2005, 2010, 2015. Adicionalmente se compararon los datos del ESMAP con costos estimados en el segundo análisis (NREL) a partir de los datos para las plantas de 75 MW y 150 MW que corresponden al año 2001, como se ilustra en la tabla 5-9. En los diferentes escenarios, las proyecciones muestran comportamientos de economías de escala que se conservan en el tiempo.

Tabla 5-9. Proyección de costos, gasificación de biomasa, 2005-2015 en varios escenarios

| Capacidad (kW) | Proyección de costos (USD/kWh) | | | | | | | | |
|----------------|--------------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | |
| | Optimistas | Probables | Pesimistas | Optimistas | Probables | Pesimistas | Optimistas | Probables | Pesimistas |
| 100 | 0,0900 | 0,1000 | 0,1100 | 0,0800 | 0,0900 | 0,1000 | 0,0800 | 0,0900 | 0,1000 |
| 20.000 | 0,0700 | 0,0800 | 0,0840 | 0,0600 | 0,0700 | 0,0800 | 0,0600 | 0,0700 | 0,0800 |
| 75.000 (2001) | 0,0630 | | | | | | | | |
| 150.000 (2001) | 0,0556 | | | | | | | | |

Fuente: ESMAP, 2007; NREL, 2003

5.3 COSTOS DEL CENTRO EL TOTUMO

Para el caso de Necoclí se analizarán los costos tanto de instalación como de generación con el Gasificador de lecho fijo.

Para el cálculo de los costos utilizando el Gasificador de lecho fijo se tendrán en cuenta tanto el costo del kW instalado como el costo del kWh generado.

Costo por kW instalado

Para el cálculo del costo por kW instalado se tendrá en cuenta solo el costo de la adquisición y nacionalización del equipo el cual comprende lo que se presenta en la Tabla 5-10.

Tabla 5-10. Costos instalación gasificador de lecho fluidizado [COP \$]

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|--|-------------|
| EQUIPOS | |
| Gasificador "Ankur" modelo WGB. | 73.432.649 |
| Planta de generación en has de 40 kW de potencia. | 57.935.730 |
| Planta auxiliar para arranque de gasificador y auxiliares. | 7.819.546 |
| Línea de filtros paralelos para operación ininterrumpida y obtención de gas ultralimpio. | 5.848.332 |
| Sistema de limpieza y enfriamiento del gas por aspersión. | 2.345.850 |
| Medidor de humedad. | 189.000 |
| Sistema de Izado de 1 tonelada de capacidad. | 781.955 |
| Materiales eléctricos y tuberías de conducción de gas y agua entre los diferentes componentes de la planta y el gasificador. | 7.000.000 |
| Subtotal FOB equipos. | 155.353.062 |
| SERVICIOS | |
| Labores de instalación, pruebas de funcionamiento y puesta en operación, Entrenamiento al personal. | 14.000.000 |
| IMPORTACIÓN Y NACIONALIZACIÓN | |
| Precio FOB equipos. | 155.353.062 |
| Precio CIF equipos. | 176.197.932 |
| Tributos aduaneros (IVA 16%-Arancel 155) exento por Ley de Ciencia y Tecnología. | 0 |
| Liberación de BL (fletes internacionales). | 22.913.870 |
| Fletes y manejo nacional (Cartagena-Necoclí-Cartagena) de dos contenedores 20" y 40". | 9.550.000 |
| Escolta vehicular. | 1.200.000 |
| Agenciamiento aduanero (0.35% sobre v CIF). | 616.692 |

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|---|--------------------|
| Otros gastos. | 900.000 |
| Seguro de la mercancía. | 1.931.000 |
| IVA sobre trámite aduanero. | 1.704.040 |
| 4 x 1,000. | 72.001 |
| Subtotal importación y nacionalización | 44.887.603 |
| Subtotal sin IVA ni arancel (equipos+servicios+nacionalización) | 214.240.665 |
| IVA sobre el valor del equipo | 24.856.490 |
| Arancel 15% sobre valor del equipo | 23.302.960 |
| TOTAL | 262.400.115 |

Fuente: PTA, 2010b

El valor de estos equipos asciende a COP \$ 262,400,115, y teniendo en cuenta que la capacidad de la planta es de 40 kW se tiene entonces un costo por kW instalado de COP \$ 6,560,003/kW.

Es importante anotar que estos costos corresponden a proyectos piloto y en Colombia existe un mercado muy reducido para estos productos, lo que hace que el costo por unidad se incremente con respecto a los valores reportados en los países en los cuales hay masificación de este tipo de dispositivos. Es importante reconocer la labor del IPSE en la implementación y desarrollo de este tipo de proyectos en aras al logro de los objetivos que persigue esta entidad de mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales ofreciendo una solución energética estructural.

En la Tabla 5-11 se hace un paralelo entre el costo por kW instalado para esta tecnología en Necoclí, teniendo en cuenta que la capacidad de la planta generadora allí instalada es de 40 kW y el mismo costo referente mundial para plantas de aproximadamente 100 kW.

Tabla 5-11a. Comparativo costos por kW instalado [USD \$/kW].

| | 40 kW (Necoclí) | 100 kW (referente mundial) |
|------------------------|-----------------|----------------------------|
| Costo por kW instalado | 2.982* | 2.880 |

*se utilizó una Tasa de cambio de COP \$ 2,200
Fuente: PTA (b), 2010; ESMAP, 2007

También es importante notar que los costos de instalación en un sitio remoto como el descrito no son comparables con la instalación en un sitio más cercano a las

ciudades y centros de consumo. Este tipo de proyectos implica la instalación en un sitio retirado en el cual no existía infraestructura, por lo tanto todo se debe construir desde cero.

Cabe resaltar entonces la preocupación de entidades como el IPSE en cuanto a la implementación de proyectos de innovación y desarrollo por medio de pequeñas plantas piloto, en las cuales aún siendo demasiado costosa su instalación, operación y mantenimiento son un ejemplo a seguir en cuanto a los objetivos que persigue esta entidad.

Costo por kWh generado

Se presenta el costo del kWh para el mes de septiembre de 2010, en donde se tienen involucradas las variables de operación y mantenimiento además del costo del kilogramo de biomasa puesto en planta (PTA, 2010b).

El costo del kWh para este periodo se calcula a partir del momento en que comienza la generación de energía, por lo tanto se promediará tanto el consumo de combustible como el costo del kilogramo de biomasa puesto en planta, de la misma manera los costos de administración también son divididos para el tiempo de servicio energético, lo que finalmente se traducirá en un valor más bajo en comparación con meses anteriores (PTA, 2010b). En la tabla 5-11 se presentan algunas variables a tener en cuenta.

Tabla 5- 11b. Variables a tener en cuenta en la estimación del costo por kWh generado

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES |
|---|----------|
| Total de energía generada en el periodo (kWh) | 363 |
| Índice de rendimiento promedio (kWh/kg) | 0,1729 |
| Capacidad máxima de carga del generador (kW) | 40 |
| Potencia promedio diaria (kW/día) | 7.313 |
| Eficiencia real del equipo (%) | 34 |

Fuente: PTA, 2010b

■ Costo de la Biomasa puesta en planta

Respecto a la recopilación de madera en la playa y alrededores se tiene un convenio con la Asociación de Usuarios de Energía Eléctrica de Nueva Pampa (ASONUPA), los cuales realizan un acopio de la materia prima cada ocho días. La recolección, clasificación y corte de la madera se toma como un aporte por parte de la comunidad, lo cual se hará mientras no se establezca el sistema de cobro a través de los contadores

prepago. Sin embargo, para el mes de septiembre de 2010 esta actividad se ha visto afectada a causa de la desunión de los usuarios para realizar este trabajo, debido a que los líderes están ausentes y no hay una cabeza que los encamine a realizar dichas actividades. El trabajo de lavado, recolección, clasificación, secado y corte de la madera en trozos idóneos para el corte de listones y el transporte, es contratado por parte del Centro (PTA, 2010b).

Para el cálculo del costo de la biomasa se tienen en cuenta: recolección en la playa, selección de la biomasa, corte de la biomasa, acopio de la biomasa para su limpieza y primer secado, listonado y secado, transporte a la planta, corte final al tamaño exigido y secado final, obteniéndose un costo por kilogramo de biomasa es de 530.2 \$/kg. Dentro de este costo del kilogramo de biomasa se tiene que el 78% corresponde a recolección, corte con motosierra, transporte a la planta y corte con sierra sin fin; el 9% a costos de operación de la sierra sin fin; y el restante 13% a los costos de operación de la motosierra (PTA, 2010b).

En la tabla 5-12 se presentan los costos de administración, operación y mantenimiento, fijos y variables, tenidos en cuenta para calcular el costo del kWh generado, el cual es de 11,077 \$/kWh. Es importante notar que este nivel de costos no se puede equiparar con los costos de energía en grandes centros de consumo del sistema interconectado. Primero que todo existen grandes diferencias en las economías de escala para las actividades de generación y distribución, y por otra parte la energía generada depende de un insumo costoso que se encarece aún más con el transporte.

Tabla 5-12. Costos y variables tenidas en cuenta para el cálculo del costo por kWh generado.

| Costo AOM (Administración, operación y mantenimiento) | Valor |
|---|-----------|
| Costo kilogramo de biomasa (\$/kg) | 530,2 |
| Valor de la nómina (\$/mes) | 2.108.300 |
| Mantenimiento programado y correctivo (\$/mes) | 160.000 |
| Costo del consumo de gasolina para planta auxiliar (\$/mes) | 85.000 |
| Costo de insumos y materiales para el trabajo (\$/mes) | 480.000 |
| Número de horas de generación (horas) | 6 |
| Número de kilogramos para los 18 días de servicio (kg) | 2.240 |
| Energía total generada para el tiempo de servicio (kWh) | 363 |

Fuente: PTA, 2010b

En la figura 5-2 se presentan los costos por kWh generado de los meses junio, julio y septiembre de 2010. El costo del kWh en el mes de junio es elevado respecto al de julio, ya que se incluye el valor del mantenimiento programado para el gasificador (PTA, 2010a).

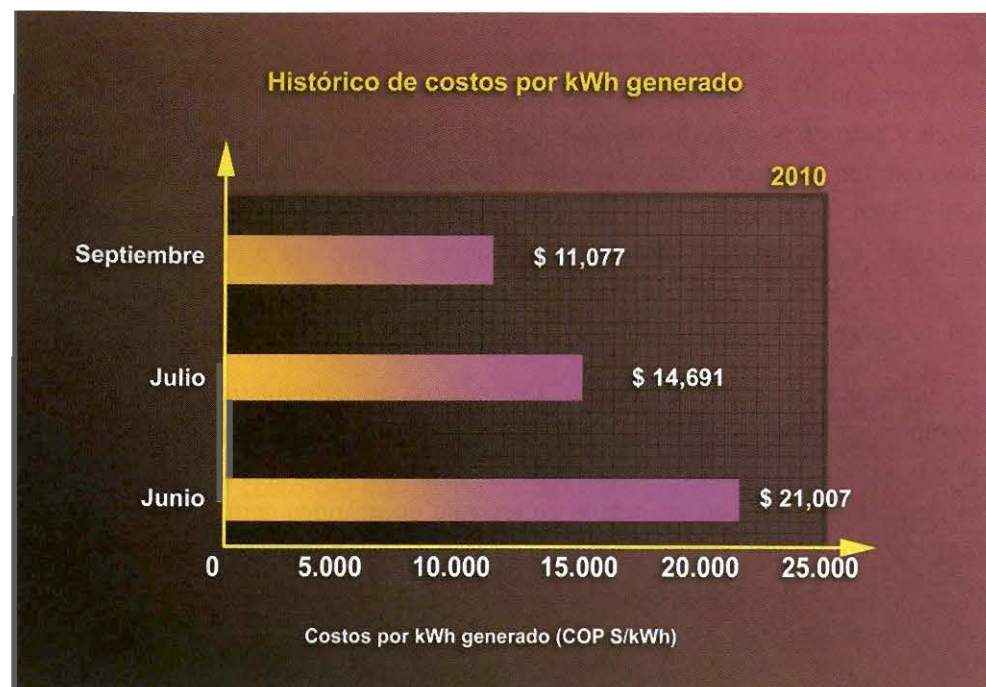


Figura 5-2. Costos por kWh generado en los meses junio, julio y septiembre de 2010.
Fuente: PTA, 2010a

En el mes de septiembre, y teniendo presente que pueden ocurrir eventualidades a las cuales se les puede dar solución mientras se presta el servicio o en otros casos donde requiere el apagado del sistema, se presentó la novedad del problema de alta contaminación del agua del tanque de enfriamiento la cual fue evacuada. A raíz de este proceso de cambio de agua se realizó modificación al tanque en cuanto a desnatadoras e impermeabilización del mismo, sin embargo, y después del cambio de esta agua se siguió presentando problemas con el ingreso de agua a los filtros debido a la variación de la geometría del venturi scrubber, que se hizo posteriormente al trabajo de sostenimiento realizado en el mes de julio. A causa de lo anterior, el servicio de energía se comenzó a partir del 20 de septiembre y por lo tanto el tiempo de servicio energético es menor, lo que se traduce en un costo más bajo respecto a otros meses (PTA, 2010b).

La meta es disminuir los costos optimizando los diferentes procesos como el costo del kilogramo de biomasa puesto en planta y los mantenimientos correctivos (PTA, 2010a).

Tabla 5-13. Comparativo de costos por kWh generado (USD \$/kWh).

| Capacidad (kW) | 40 (Necoclí) | 100 (referente mundial) |
|--|--------------|-------------------------|
| Costo por kWh generado | 5* | 0,0455 |
| *Se utilizó una tasa de cambio de COP \$ 2.200 | | |

Fuente: PTA, 2010b; ESMAP, 2007

En la tabla 5-13 se hace un paralelo entre el costo por kWh generado para esta tecnología en Necoclí, teniendo en cuenta que la capacidad de la planta generadora allí instalada es de 40 kW, y el mismo costo referente mundial para plantas de aproximadamente 100 kW.

6. PROSPECTIVAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La utilización en la producción de energía de recursos renovables como el sol, el viento, la biomasa, entre otros, ofrecen grandes ventajas frente a otros, por el bajo impacto ambiental que estos generan. Estos recursos renovables brindados por la naturaleza son ilimitados, representando un importante recurso energético para las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia y del mundo entero, permitiendo satisfacer las falencias de los sistemas energéticos convencionales y el eventual agotamiento de los combustibles fósiles.

Es importante conocer el desarrollo que han adquirido las energías alternativas en el mundo para su aplicación en los proyectos de gasificación de biomasa residual, energía eólica, obtención de biocombustibles, aprovechamiento de la energía solar, entre otros, y para el crecimiento del sector energético en las ZNI. Igualmente, es importante conocer el impacto que esto tiene en la sostenibilidad de las Ecoaldeas.

Dada la importancia que, hoy en día, tiene la preservación del medio ambiente, las energías alternativas por ser limpias y amigables con el mismo, han generado un apoyo cada vez mayor por parte del estado y de organismos internacionales para su investigación, desarrollo e implementación mediante la incorporación de programas tales como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y el protocolo de Kioto firmado en la Cumbre de Río en 1992, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad existen leyes en varios países del mundo para la exención de impuestos de renta por la implementación de proyectos de gasificación de biomasa, energía eólica, energía solar, entre otras.

La puesta en marcha de proyectos de energías alternativas toma vital importancia para el sistema energético nacional, ya que hay una amplia zona del país que no está en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que presentan problemas de accesibilidad, una baja densidad de población, poca actividad económica y altos costos de los combustibles fósiles. Estos proyectos permiten impulsar el desarrollo de las comunidades que allí se asientan.

6.1 PROSPECTIVA DE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍAS QUE SE PUEDEN APLICAR EN EL MUNICIPIO DE NECOCLÍ

Es evidente la importancia que tienen los recursos energéticos en el desarrollo social y económico de las comunidades, sin embargo, las ZNI carecen de este bien que mejore sus condiciones actuales de vida. El uso de fuentes de energía convencionales que involucran combustión produce emisiones de dióxido de carbono y por ende contaminación ambiental, acelerando el cambio climático. No obstante, es necesario llevar éste recurso a éstas zonas para impulsar la auto-sostenibilidad de la zona, la respuesta a este requerimiento es el uso de tecnologías alternativas de generación de energía que utilicen como materia prima los recursos disponibles en las mismas.

Por lo anterior, en Colombia se ha trazado una línea de acción para estimular la expansión en el uso de las tecnologías alternativas de generación de energía en las ZNI, utilizando los recursos disponibles en diferentes localidades, cuidando que los impactos generados a los ecosistemas naturales de éstas, sean menores. De esta forma satisfacer los requerimientos energéticos de las comunidades que carecen del servicio y fomentar el desarrollo social y económico de las mismas.

A futuro se prevé que las tecnologías alternativas que producen energías limpias podrán ser la solución para todos aquellos problemas de contaminación que generan los hidrocarburos al ser quemados en los sistemas que usan la combustión. Las tecnologías alternativas de generación de energía renovable como sistemas domésticos solares fotovoltaicos, mini redes, digestores de biogás, energía solar y eólica están jugando un papel clave en el desarrollo de las ZNI, al satisfacer las necesidades básicas de estas comunidades que antes eran exclusivas de la vida moderna, por ejemplo: la iluminación, comunicaciones, bombeo de agua y calefacción. Por tanto es necesario extender su uso a zonas con disponibilidad de recursos que se encuentren en el SIN y fomentar la desconexión al mismo, convirtiéndola en una Ecoaldea auto sostenible, cuya finalidad es satisfacer la demanda total del país con sistemas que produzcan energías limpias.

En este capítulo se presenta un análisis prospectivo de posibilidades de implementación de fuente alternas de energía en los diferentes centros de innovación, particularmente se menciona aquellas fuentes más atractivas y de mayor viabilidad técnica en Necoclí. En esta región se vislumbra recursos energéticos renovables atractivos, como energía solar térmica, eólica, biomasa y undimotriz.

Para generar este capítulo, se utilizó una metodología basada en entrevistar a los investigadores que presentaron ponencias en el VI Simposio Internacional Energía y Frontera Tecnológica en el Sector Rural: Perspectivas sobre el uso de fuentes renovables de energía, organizado por el IPSE y celebrado en Colombia en el mes de

Julio de 2010; también se hicieron discusiones técnicas entre expertos nacionales y conocedores del tema energético. Los expertos entrevistados durante el simposio fueron: Capitán de fragata Luís Otero Díaz y Gabriel Ceballos Echeverri de Colombia, Patrick Maio de Francia, Andrea Castillo Ocampo de Estados Unidos, Marcelo Luis Álvarez de Argentina, Valeriano Ruíz Hernández, David Alfonso Soler, Luis Monge Guiz, Miguel Jiménez y Rafael Ibáñez Lostal de España, LivSoares Severino de Brasil y Rosa María Argomedo de Chile.

6.1.1 Aprovechamiento de la Energía eólica

La energía eólica se perfila para ser el recurso más utilizado para producir energías alternativas limpias, su tecnología relativamente simple hace que su desarrollo se proyecte en la construcción de turbinas eólicas de mayor tamaño. Los países líderes en el uso de este tipo tecnologías son: Estados Unidos, España y China. En Europa, están 5 de los 10 países líderes en este campo, teniendo la bandera en el desarrollo de aerogeneradores hoy día, con equipos con diámetros de aspas de 120 a 130 m, seguidos de Estados Unidos con equipos con diámetros entre 80 a 100 m.

El principal obstáculo a subsanar para masificar esta tecnología son los altos costos de que tienen los proyectos eólicos. En segundo plano se encuentran la garantía en el suministro de energía dado que depende de la existencia de vientos, seguido por la contaminación visual que generan estos parques eólicos y el impacto ambiental que conlleva su implementación, dado que las zonas de vientos son usadas por las aves para su transporte. Por tanto, se espera que a futuro se puedan subsanar estos obstáculos para masificar el uso de parques eólicos. Se espera, que a 2020 la energía producida por parques eólicos puedan suplir el 12% de las necesidades energéticas en Europa, lo cual constituye más del 50% de la meta trazada por la Unión Europea, que pide que para el 2020, el 20% de la energía consumida sea renovable.

En Colombia, el desarrollo y utilización de estas tecnologías empezaron con la instalación del Parque Eólico Jeipírachide de Empresas Públicas de Medellín (EPM) en el Cabo de la Vela, Guajira, seguido con la instalación, en la misma Guajira, de turbinas eólicas en Nazaret, dentro un sistema híbrido que usa éstas.

El país presenta un potencial eólico en 21 GW. El departamento de la Guajira cuenta con vientos clase 7 con velocidades de 10 m/s, que representa un alto potencial y un buen futuro en la explotación de este recurso. En el municipio de Necoclí se tiene velocidades de viento durante todo el año superiores a los 2 m/s, haciéndolo un lugar apto para la explotación eólica con turbinas de baja velocidad.

6.1.2 Aprovechamiento de la Biomasa leñosa

La obtención de energía a partir de biomasa existe en más de 50 países del mundo. Europa está ampliando su producción de energía a partir de la biomasa en países como Austria, Finlandia y Alemania. El uso de biogás para la generación de energía es también una tendencia creciente en varios países.

En la actualidad, las tecnologías probadas para gasificar sustancias combustibles constan de equipos con reactores de lecho fijos, que en su gran mayoría se usa para la gasificación de carbón mineral pero que hoy en día se están aplicando a nuevas sustancias tales como la biomasa, que ha despertado un gran interés en la comunidad científica, generando mucha actividad en la investigación de los fenómenos que ocurren al interior del proceso, y de esta manera poder garantizar la confiabilidad del mismo.

Del mismo modo la comunidad científica, en la búsqueda de las mejores condiciones de operación que pueden generar los mejores resultados a la hora de transformar la materia prima, se han interesado en reactores con lechos fluidizados con el fin de tener mejores cinéticas al convertir la materia prima sólida en gas combustible. La fluidización consiste en generar un colchón gracias a una corriente ascendente de aire dentro del reactor para mantener a las partículas de materia prima suspendidas y de esta manera tener un mejor contacto con el agente gasificante, mejorando de este modo su tasa de conversión.

La aplicación de gasificadores con reactores de lecho fluidizado han llevado a adelantar mejoras en el pre – procesamiento de la materia prima, ya que el tamaño de partícula es una variable crítica en el proceso. Por ello, para el secado y corte, se están desarrollando extrusoras que permitan obtener tamaños adecuados para la operación de los gasificadores.

La Gasificación es una ventana que ha tenido mucha actividad científica en los últimos años, ya en el mundo se están realizando investigaciones con plantas piloto de gasificadores con reactores que operan a altas presiones, buscando mejorar la tasa de la conversión de la materia prima.

Colombia no es ajena al desarrollo de esta tecnología, por ello, el IPSE instaló el gasificador de lecho fijo en la vereda Nueva Pampa del corregimiento del Totumo, y una planta piloto de gasificación en lecho fluidizado en convenio con la Universidad Politécnica de Valencia, quien adelanto la investigación del comportamiento de la materia prima que se produce en esta zona en su planta piloto de España con la participación activa de la Universidad Nacional de Colombia. El equipo instalado es un gasificador HE-UPV (convenio 017/2009) con una capacidad de 5 kW, que suministrará información para realizar el escalado de la planta piloto a planta de producción, con el fin de cubrir las 24 horas del día de suministro energía.

La Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín, tiene una gran participación en el desarrollo de esta tecnología contando con dos planta pilotos en sus laboratorios, uno con reactor de lecho fijo y el otro con un reactor de alta presión. Actualmente el grupo de Termodinámica y Energías Alternativas (TAYEA), adscrito a la escuela de Procesos y Energía de la Facultad de Minas, cursa varias investigaciones para gasificar tipos diferentes de biomasa.

Subproductos de la gasificación

El proceso de gasificación que se lleva a cabo en la planta instalada en la vereda Nueva Pampa, además del gas de síntesis combustible que se usa en generador eléctrico produce otros elementos subproductos del proceso, que pueden ser de utilidad como materia prima o insumos para el proceso mismo de gasificación.

Uno de los subproductos que se generan es el Coke, que puede ser procesado hasta obtener pellets y ser alimentados nuevamente al gasificador para sostener las reacciones químicas que tienen lugar dentro de reactor. El Coke también puede tener una utilidad como fuente de grafito para la industria en el caso de la fabricación de betún, o fuente de carbono para hornos metalúrgicos de reducción de minerales y en los procesos de tratamientos térmicos de metales tales como el acero, y puede ser utilizado como combustible en algunos equipos.

Otro subproducto del proceso es el Alquitrán, cuyas propiedades químicas, consecuencia del proceso de gasificación realizado a la biomasa maderera, lo hacen viable para el uso como constituyente de pinturas que se utilizarían para cubrir madera, ya que este subproducto dota la pintura de propiedades que permite la inmunización de la madera y así protegerla de ataques de plagas.

El agua de proceso que se usa para limpiar y enfriar el gas de síntesis es otro subproducto de la planta de gasificación, la cual no es posible depositarla al ambiente debido al alto grado de contaminación por el contenido de los alquitranes y residuos de particulados propios de la materia prima que se gasifica. Siendo consecuentes con el objetivo ambiental de la planta se hace necesario tratar este residuo para ser devuelto al ecosistema con el menor impacto posible. La planta ofrece una alternativa económica y viable de realizar, dado que el carboncillo que produce puede comportarse como carbón activado para filtran el agua residual y retirar los contaminantes disueltos. Sin embargo, antes de hacer este proceso es necesario someter el agua residual a tratamiento de floculación y coagulación con el fin de retirar los contaminantes no disueltos. Estos contaminantes retirados del agua residual tienen aplicaciones médicas para tratar la enfermedad de la piel conocida como psoriasis, también puede ser usado como desinfectante y en aplicaciones de la industria de la construcción.

Por último, se encuentra el aserrín que también es un subproducto del proceso y que ofrece una gran variedad usos, empezando con la compactación y peletización para alimentar al gasificador y la fabricación de madera comprimida o MDF. Este subproducto es susceptible de compostar y de este modo prestar utilidad como abono orgánico en los cultivos que se realizan en la zona, mejorando sus rendimientos.

Transporte de la biomasa leñosa

Un aspecto susceptible a mejorar en la planta de Nueva Pampa es el transporte de la biomasa, dado la distancia que existe entre el punto de recolección y la planta de gasificación. Una vez la planta aumente sus tiempos de operación y vaya acercando a las 24 horas de generación por día, el método de transporte que actualmente está en funcionamiento será ineficiente. Por ello, se están explorando alternativas para poner en marcha un sistema de transporte que permita suplir esta demanda. Una alternativa que se puede explorar es el transporte de la materia prima por cables, usando la gravedad como fuente de potencia.

Cocinas eficientes

Alrededor de 3000 millones de personas en el mundo cocinan con residuos vegetales, sobre todo con madera; los gases generados por la combustión de estos residuos ocasiona diversos problemas respiratorios. Según la Organización Mundial de la Salud cerca de 1,5 millones de personas mueren anualmente debido a enfermedades en vías respiratorias causadas por la inhalación de los gases de la combustión de leña, que adicionalmente aportan el 17 % de las emisiones globales de CO₂ (Schäfer, 2010), a esto se suma otro problema de nivel ambiental a raíz de la tala de árboles para la adquisición de l recurso. En la figura 6-1 se presenta un fogón de leña tradicional de tres piedras y uno de barro de alta eficiencia.

Una solución viable para los múltiples problemas ocasionados por la cocción con biomasa (residuos vegetales), haciendo un uso eficiente del recurso es mediante la implementación de cocinas eficientes en zonas aisladas y rurales. En comparación con las estufas tradicionales tiene una combustión más eficiente mediante el uso de quemadores mejorados con el fin de concentrar el calor en los recipientes utilizados para la cocción optimizando la transferencia de calor.



Figura 6-1. Fogón de leña de tres piedras y fogón de alta eficiencia.

6.1.3 Energía Solar

La energía solar se ha utilizado principalmente para generar electricidad en paneles fotovoltaicos, sin embargo, las tendencias en el desarrollo de este tipo de energía va encaminado en aprovechar la energía térmica solar, dado que el espectro de utilidad de este tipo de energía es más amplio que el fotovoltaico, que se limita solo a la radiación visible que emite el Sol. La utilidad de la energía térmica solar va desde el calentamiento de aguas, pasando por la cocción de alimentos hasta la generación de energía eléctrica a partir del calor recolectado del Sol.

Hoy día los desarrollos en esta materia se enfocan en los concentradores solares que permiten concentrar la energía térmica en un punto y alcanzar temperaturas altas, hasta niveles que permiten el uso de ciclos de potencia convencionales tales como el ciclo Rankine o el ciclo Striling. Con éstos se busca crear grandes proyectos o parques solares con capacidades de producir grandes cantidades de energía. Actualmente, presentan obstáculos por los altos costos y la necesidad de cubrir extensas áreas para poder capturar grandes cantidades de energía solar, por ello, estos proyectos se llevan a lugares donde no es factible la explotación agrícola del terreno y no existan zonas de bosques. La Unión Europea proyecta, con ésta forma de energía limpia, suplir entre el 1,1% y 1,2% de las necesidades energéticas de su población.

La energía fotovoltaica también se ha impulsado en su forma de uso o implementación más que en su desarrollo de producción, es decir, los arquitectos modernos han estado incluyendo en sus diseños de construcciones elementos arquitectónicos de aprovechamiento de las áreas expuestas a la luz solar, usando paneles con celdas fotovoltaicas y poder suplir las necesidades energéticas de las construcciones. Esto ha generado un impulso de las construcciones ecológicas, donde las áreas de techo son aprovechadas para instalar paneles con celdas fotovoltaicas y así generar la energía necesaria para el hogar.

Desalinización de agua

Uno de los principales problemas que afrontan los habitantes de Necoclí es la escasez de agua potable, esto hace necesario el desarrollo de tecnologías encaminadas al aprovechamiento del agua de mar. Hay diferentes tipos de métodos para ello, que se aprecian en la tabla 6-1, éstos varían principalmente en el consumo energético, el costo de operación y el impacto ambiental (Lechuga et al., 2007).

El método más implementado a nivel mundial es la destilación súbita por efecto flash, consiste en la evaporación súbita de agua en una cámara flash para conseguir un vapor sin sales, que son volátiles a temperaturas a partir de 300°C, posteriormente se condensa el vapor. Dentro de las dificultades que tiene este método se cuenta el alto consumo energético comparado con los demás métodos (CIRCE, 2001).

Tabla 6-1. Métodos de desalación de agua

| Separación | Energía | Proceso | Método |
|---------------|------------|------------------------------|----------------------------|
| Agua de sales | Térmica | Evaporación | Destilación súbita (flash) |
| | | | Destilación multi- efecto |
| | | | Termo compresión de vapor |
| | | | Destilación solar |
| | Mecánica | Filtración y evaporación | Congelación |
| | | | Formación de hidratos |
| | | | Destilación con membranas |
| Mecánica | Filtración | Evaporación | |
| | | Compresión mecánica de vapor | |
| Sales de agua | Eléctrica | Filtración selectiva | Electrodialisis |
| | Química | Intercambio | Intercambio iónico |

Fuente: CIRCE, 2001

En la destilación por múltiple efecto, por el contrario, la evaporación se realiza en varias etapas en serie a diferentes presiones y el calor latente desprendido en la condensación de la primera etapa se utiliza para la vaporización en la segunda etapa. Este método es útil a mediana y gran escala, pero tiene como inconvenientes la generación de residuos minerales que requieren tratamientos especiales y el alto consumo de energía, aunque se pueden utilizar energías alternativas para su aplicación (Lechuga et al., 2007).

El proceso de osmosis ocurre cuando existen dos soluciones con concentraciones diferentes unidas por una membrana semipermeable, la solución de menor concentración circula naturalmente para tratar de igualar las concentraciones finales, esto origina una diferencia de presión, llamada presión osmótica. Si se aplica una presión superior a la presión osmótica de una disolución respecto a la otra, el proceso puede ser en sentido contrario (CIRCE, 2001). Este proceso es uno de los más versátiles y con menor consumo energético (García y Delgado, 2010).

La principal desventaja de la destilación por ósmosis inversa es que demanda energía eléctrica; por lo tanto, se puede crear sistemas híbridos, como el que se muestra en la figura 6-2, en el que se combina la generación de energía térmica con concentradores solares para el calentamiento de un aceite térmico, luego este aceite caliente transfiere energía a otra sustancia que es un fluido orgánico como los hidrocarburos (dióxido de carbono, iso-butano, iso-pentano, etc.), el cual forma parte de un ciclo termodinámico convencional denominado Ciclo Rankine Orgánico (ORC) para que se produzca energía eléctrica capaz de accionar el sistema de ósmosis inversa, lográndose una destilación con un recurso renovable y de bajos costos que es la fuente solar.



Figura 6-2. Innovador sistema de desalinización con un Ciclo Rankine Orgánico

En este aspecto se puede estudiar la posibilidad de aplicar sistemas solares térmicos de osmosis inversa que sean alimentados por captadores cilindro-parabólicos, debido a los altos rendimientos que se pueden alcanzar o sistemas de seguimiento solar.

6.1.4 Aprovechamiento de Biocombustibles

Los biocombustibles o agroenergías también apuntan a ser parte de la solución de los problemas energéticos del mundo. En su uso se debe tener en cuenta que este tipo de producción de energía entra en competencia con la producción de alimentos, siendo la seguridad alimentaria la prioridad.

El desarrollo de esta forma de energía se vincula al desarrollo agrícola del manejo de cultivos, siendo esto un campo de continuo avance dado la necesidad de alimentar a la población. El crecimiento de este tipo de energía se asocia al crecimiento de la frontera agrícola y al aumento de la productividad de los cultivos.

La obtención de los combustibles a partir de los vegetales es muy variada, porque depende del tipo de vegetal que se deba procesar, hay una gran actividad científica para desarrollar nuevas y mejorar las existentes formas de sintetizar sustancias combustibles a partir de los vegetales.

El Ministerio de Agricultura puso en marcha una agresiva política para desarrollar la agroindustria en Colombia, masificando cultivos de palma africana, caña, higuera, jatrofa y caña de azúcar para la obtención de alcoholes carburante y biodiesel por todo el territorio colombiano. En el marco de esta política se han instalado plantas para la producción de alcoholes carburantes. El IPSE ha instalado en la vereda de Titumate un proyecto para la obtención de biocombustibles y con los productos de esta planta generar energía eléctrica para dicha vereda.

En el departamento Antioquia, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) ha liderado el desarrollo de los cultivos de higuera y jatrofa en la zona de Urabá, realizando esfuerzos importantes para obtener mayor productividad, dadas las excelentes condiciones de los suelos.

6.1.5 Aprovechamiento de la energía undimotriz

Según estudios realizados el potencial energético en el oleaje del Caribe colombiano es poco, sin embargo para las necesidades energéticas de la comunidad, es una buena alternativa que puede ser integrada con las fuentes existentes. La capacidad instalada actualmente

En cuanto a la aplicación de energía undimotriz existen diferentes sistemas que están siendo estudiados en diferentes partes del mundo, uno de ellos es el sistema Solantis que consiste en diques con turbinas en su interior, esta tecnología tiene entre sus ventajas que con el aprovechamiento de diques existentes en los puertos disminuye el impacto visual. Otro tipo de sistemas es el Pelamis, que consiste en una sucesión de cilindros metálicos conectados entre sí, en este caso el movimiento de unos segmentos con respecto a otros genera la energía eléctrica. Otro de los sistemas que ha sido objeto de estudio es el Seabased sueco (Figura 6-3), que consiste en unas boyas que suben y bajan conforme las olas pasan y mueven un pistón anclado en el fondo (Rexachs, 2008). Este último es uno de los sistemas que se considera más apropiado para su implementación en el Caribe colombiano debido a la simplicidad del sistema, ha sido probado por más de 4 años en el mar Báltico y su aparente robustez facilita su mantenimiento (Ortega, 2010).

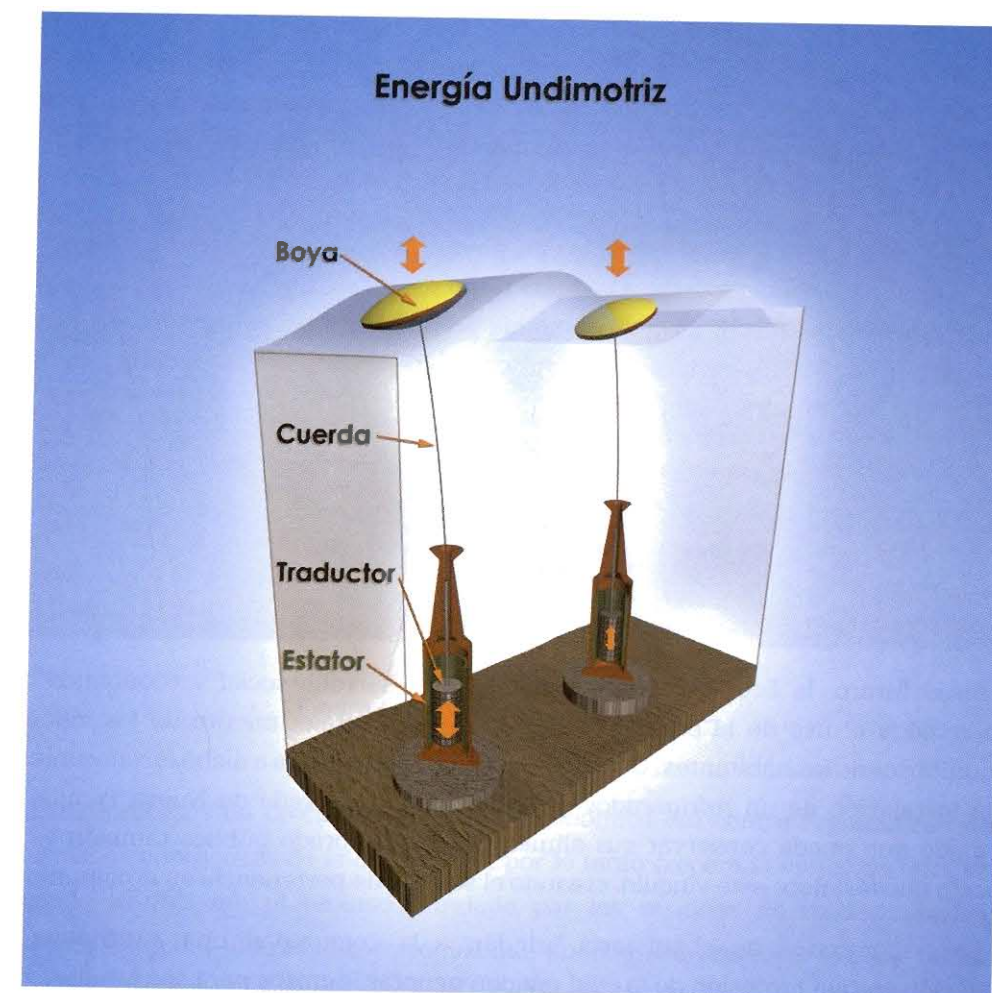


Figura 6-3. Sistema Seabased sueco
Fuente: <http://www.ison21.es>

El aprovechamiento de la energía undimotriz en zonas no interconectadas tiene grandes ventajas porque es una tecnología con bajo impacto ambiental y visual, que además contribuye enormemente a la reducción de emisiones. Otro aspecto que vale la pena resaltar es que la fuente energética es fácilmente predecible y que es una tecnología con gran potencial de desarrollo (Maio, 2010), además en Colombia existe un buen número de habitantes en zonas costeras no interconectadas que pueden verse beneficiados con este tipo de proyectos.

6.2 PROSPECTIVA DEL CENTRO

El concepto de Ecoaldea sostenible implica autonomía energética que debe ser alcanzada usando los recursos propios de la región. Actualmente, la vereda Nueva Pampa cuenta con un equipo de gasificación de biomasa leñosa de lecho fijo, entregando durante 6 horas diarias una potencia de 45 kW a la población del corregimiento del Totumo. También se ha instalado un gasificador de lecho fluidizado para biomasa leñosa HE-UPV (convenio 017/2009 construcción del gasificador) con un aporte de 5 kW, el cual está equipado con toda la instrumentación para convertirse laboratorio de pruebas.

No obstante, los 50 kW disponibles en planta no son suficientes para satisfacer las demandas energéticas de la zona, por tanto es necesario generar acciones para que esta zona pueda alcanzar su autonomía energética y poder convertirse en una verdadera Ecoaldea. Esto, claro está, con tecnologías que usen los recursos propios de la zona donde se ubica la misma.

La biomasa maderera es la más abundante de la zona, por ello, se constituye en el mayor recurso con que se cuenta. Por lo anterior y dado que la materia que se acumula en la playa es mayor a la capacidad de consumo del gasificador, se hace posible realizar el escalado de la planta y de esta manera poder brindar energía eléctrica a los habitantes durante las 24 horas del día.

En el futuro, la Ecoaldea crecerá gracias al desarrollo social y económico que trae consigo el uso de la energía, soportado en el fortalecimiento de los vínculos comunitarios de los habitantes. Una alternativa que contribuirá a dicho fortalecimiento es la instalación de un refrigerador comunitario en la vereda de Nueva Pampa, de tal modo que pueda conservar sus alimentos. El alumbrado público también es un aspecto que fortalece este vínculo, creando el sentido de pertenencia en la comunidad.

Los laboratorios de ebanistería brindan a la comunidad una alternativa de formación en una profesión de la cual pueden generar ingresos para sus familias, con la ventaja que la materia prima para el establecimiento de las pequeñas empresas es abundantemente y disponible en la zona. Por otra parte, la formación de los habitantes

de la Ecoaldea en competencias ambientales le da una dimensión a la comunidad de respeto por el medio ambiente donde viven, responsabilidad ambiental por el impacto que genera su actividad de vida y económica. Además de esto, los subproductos del proceso de gasificación constituyen una base para crear microempresas (figura 6-4), generando una fuente externa de ingresos a la comunidad. Cumpliendo así con el objetivo de fortalecer los vínculos comunitarios y se asegura la auto sostenibilidad de la Ecoaldea.



Figura 6-4. Evolución de la Ecoaldea.

Estos procesos de crecimiento social y económico del centro repercutirán en las necesidades energéticas de la comunidad, por lo tanto crecerá la demanda energética haciendo insuficiente el recurso brindado por los residuos de madera, haciendo necesario extender a otras la tecnologías que puedan usar los recursos que brinda la zona donde se ubica la Ecoaldea, en este caso la vereda Nueva Pampa del corregimiento El Totumo. Esto lleva inmediatamente a evolucionar a sistemas híbridos de producción de energía.

En Colombia se tienen experiencias en uso de sistemas híbridos en el Centro de Innovación Tecnológica de Nazareth en la Guajira, donde se logro el acople entre la tecnología fotovoltaica solar y la eólica, con muy buenos resultados.

La Ecoaldea, vereda Nueva Pampa en Necoclí, gracias a su ubicación a orillas del mar, cuenta con recursos tales como vientos, un excelente brillo solar y extensiones de tierras para la producción de agroenergía. Por ello, a futuro, para satisfacer la demanda creciente de energía se hace necesario combinar tecnologías que permitan la utilización de estos recursos, acoplado a la tecnología existente de generación de energía a partir de biomasa maderera, sistemas solares bien sean fotovoltaicos o térmicos, con sistemas de almacenamiento de energía que permitan dosificar el suministro dependiendo de la demanda.

La otra tecnología que se puede acoplar a la existente es la generación de energías por intermedio de turbinas eólicas, bien sea mar adentro con la implementación de cables submarinos para el transporte de la energía al centro de almacenamiento, para su posterior suministro.

La instalación de plantas de síntesis de agro combustibles podrían suministrar combustibles a motores o turbinas que impulsen generadores eléctricos y poder suplir la demanda creciente la Ecoaldea. Donde los excedentes de combustibles pueden ser comercializados y así contribuir al desarrollo económico de la zona.

La implementación de sistemas híbridos en el Centro de Innovación Tecnológica de Necoclí, lo coloca en la punta del desarrollo a nivel internacional en el uso de tecnologías de generación de energía no convencionales, lo cual, hace la zona un atractivo lugar para la investigación, el desarrollo y como destino turístico.

6.3 INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

El sistema de generación de energía eléctrica instalado actualmente en Necoclí, conformado por los dos sistemas de gasificación de biomasa, puede ser complementado con los sistemas propuestos en este capítulo con el fin de aumentar y mejorar la disponibilidad de suministro energético en el centro. Se sugiere una integración de diferentes fuentes energéticas (figura 6.5) que permitan un óptimo aprovechamiento del recurso disponible.

Un sistema integrado de energía permite aprovechar la energía solar para generar energía eléctrica de manera directa en celdas fotovoltaicas y energía térmica en captadores solares para el calentamiento de sustancia o fluidos de trabajo (aire, agua, aceite térmico, refrigerantes, etc.). La energía eléctrica también puede ser generada de manera directa con sistemas hídricos que aprovecha la energía undimotriz.

Adicionalmente es posible lograr una reducción en el consumo de energéticos para la cocción y los problemas que acarrear utilizando cocinas de alta eficiencia. Por otro lado, una de las posibles soluciones para suplir las necesidades de agua potable en el centro es la desalinización de agua utilizando sistemas híbridos solar-ciclos ORC-osmosis inversa.

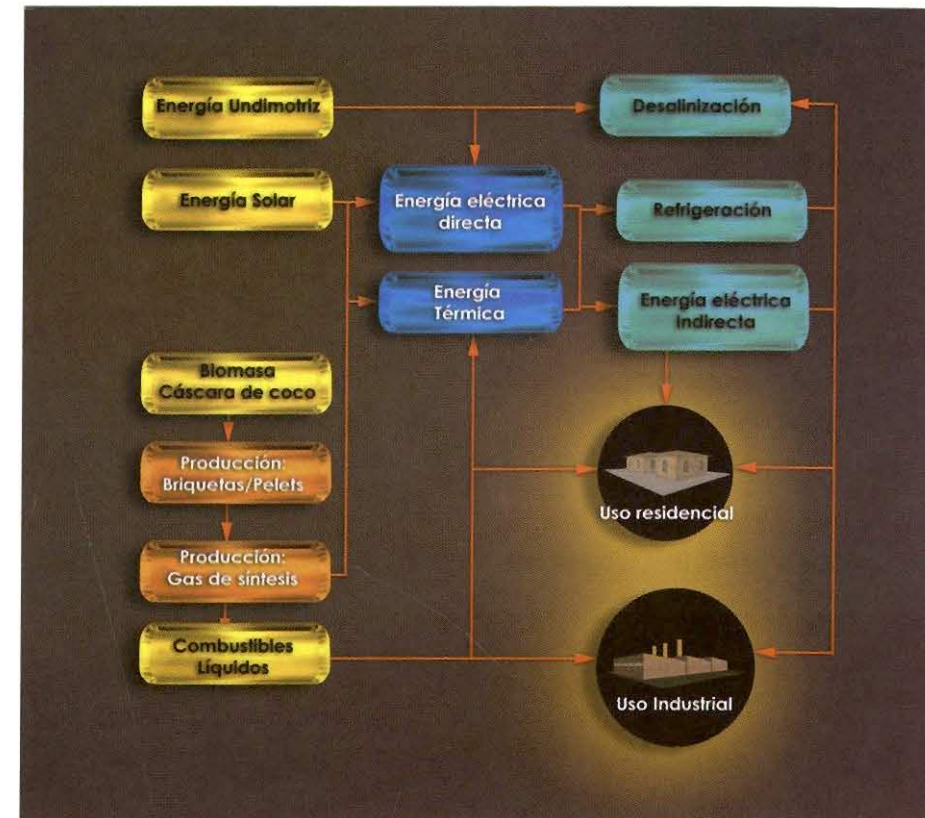


Figura 6-5. Diagrama de flujo ilustrativo de un aprovechamiento integral de diferentes fuentes energéticas renovables en Necoclí

Es significativo resaltar la importancia de estos sistemas integrados, los cuales permite un óptimo manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, facilita el uso racional de la energía, mitiga los impactos ambientales y sobre todo, se disminuye de manera apreciables los costos de inversión. De allí la imperante necesidad de continuar con la función que viene desarrollando el IPSE, al facilitar que muchos grupos de investigación del país ejecuten proyectos de innovación en sistemas alternativos para la generación de energía en zonas aisladas y garanticen su desarrollo social, económico y equitativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Babu, S. 2004. Thermal gasification of biomass. Task 20. IEA Bioenergy. IEA. Consultado en septiembre de 2010, en: <http://www.gastechnology.org/iea>.
- Bain, R., Amos, W., Downing, M. y Perlack, R.. 2003. Biopower Technical Assessment: State of the Industry and Technology. NREL (National Renewable Energy Laboratory). Consultado en mayo de 2010, en http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/docs/Biopower_Assessment.pdf.
- Botero, S.; Cadena, A.; Vesga, C. 2007. Regulación para el fomento de las energías alternas en el mercado colombiano. Ponencia del VIII Seminario sobre análisis y mercados energéticos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Clarke, D. 1991. Madera para producir energía. Informe sobre cuestiones forestales. FAO. Italia. 40 P.
- Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Verde. Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura. 2006. Consultado mayo 18 de 2010, en < <http://www.ipse.gov.co/> > .
- Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Blanco. Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación. 2009. Consultado mayo 18 de 2010, en: < <http://www.ipse.gov.co/> > .
- Congreso de Colombia. Ley 9 de 1979, por la cual se dictan medidas sanitarias. Bogotá, D. C.. Consultado en mayo 19 de 2010, en <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>.
- Congreso de Colombia. Ley 143 de 1994, por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. Consultado en mayo de 2010,

en: http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-67&p_options=

- Congreso de Colombia. 2001. Ley 693 de 2001, por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D. C.
- Congreso de Colombia. 2002. Ley 788 de 2002, por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, d. c.
- Córdoba, D. 1986. *La madera en la generación de energía eléctrica*. Seminario Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Colombia. 41P.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2008. Censo General 2005 – Nivel Nacional. Bogotá.
- Departamento Administrativo de la Función Pública. 2006. *Estructura del Estado Colombiano*. Bogotá. Publicaciones Sena.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2007. *Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies*.
- Estrada, C. 2004. *Gasificación de biomasa para producción de combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor*. Ciudad.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. *UWET- Unified wood energy terminology*. Wood Energy Programme, FAO Forestry Department. FAO, Italia. 24P.
- Hislop, D; y Hall, D. O. 1996. *Biomass resources for gasification power plants*. IEA bioenergy task 20. Disponible en: <http://www.gastechnology.org/webroot/downloads/en/IEA/IEABMFeedHall.pdf>
- Hoffmann, D. y Weih, M. 2005. *Limitations and improvement of the potential utilization of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany*. país ciudad
- Horta, L. y Trossero, M. 1998. *Introducing WEIS: The FAO wood energy information system*. En: *Biomass energy: Data, Analysis and Trends - Conference proceedings*. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Francia. P115-140. IEA Bioenergy. 2005. *Benefits of bioenergy*. IEA. Consultado en septiembre de 2010, en: http://66.98.252.27/ieabioenergy.com/library/179_Benefits_of_Bioenergy.pdf
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2005. *Atlas de radiación solar en Colombia*. Bogotá. Consultado en mayo de 2010, en www.ideam.gov.co.

IPSE (Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no interconectadas). 2005. *Costos indicativos de generación eléctrica en Colombia*. Bogotá.

IPSE (Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no interconectadas). 2009. *Tercer informe del convenio específico 034 de 2009 convenio marco 052 2005. Implementación de actividades para la optimización del proceso de generación de energía eléctrica con la tecnología de gasificación de biomasa leñosa en el corregimiento de nueva pampa, vereda el Totumo, Municipio de Necoclí*.

MME (Ministerio de Minas y Energía). Decreto 1591 de 2004, por el cual se reglamenta el artículo 62 de la Ley 812 de 2003, en relación con el manejo de subsidios en las Zonas No Interconectadas y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D. C. Consultado el 19 de mayo de 2010, en http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/2004/mayo/19/dec1591190504.pdf.

MME (Ministerio de Minas y Energía). Resolución 180901 de 2006, por la cual se fija la metodología de enajenación de los activos que el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE, posee en el Sistema Interconectado Nacional, SIN. Bogotá, D. C. Consultado en mayo de 2010, en <http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/>.

Moreno, I. 2008. *Retos y perspectivas del biodiesel en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Municipio de Necoclí. *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*.

Municipio de Necoclí. 2008. *Plan de Desarrollo 2008 – 2011: Bienestar social para todas y todos*. Necoclí.

Ocampo, A. 2005. *Generalidades sobre Gasificación*. Ciudad y editorial.

Patiño, J. Año. AÑO. *Informe Final: "Caracterización y cuantificación de biomasa residual leñosa depositada en las playas del municipio de Necoclí"*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Patiño, J. 2008. *Análisis ambiental y lineamientos generales para la implementación de sistemas dendroenergéticos en zonas no interconectadas*. Ciudad.

PTA (Parque tecnológico de Antioquia. 2010a. *Informe de gestión para consejo directivo*. Subdirección de contratos y seguimiento. Medellín: agosto de 2010.

PTA (Parque tecnológico de Antioquia. 2010b. *Informe de gestión No. 7 del Convenio Específico 03 No. 021-2010 "Fortalecer Técnica y Científicamente los proyectos de Investigación Básica y Aplicada en diferentes regiones del país"*. Medellín: septiembre 30 de 2010.

- Pérez, C. 2008. Retos y perspectivas del alcohol carburante en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Pérez, E. 2010. Elementos básicos para desarrollar un modelo de energía eléctrica en zonas no interconectadas. Tesis doctoral Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Medellín.
- República de Colombia. Decreto 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá, D.C.. Diario Oficial. Consultado mayo 19 de 2010, en <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>>.
- República de Colombia. Decreto 3863 de 2003, por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial. Bogotá, D. C.. Diario Oficial. En: <www.presidencia.gov.co/decretoslinea/>.
- Rosillo, F. 1987. The charcoal dilemma: Finding sustainable solutions for brazilian Industry, Intermediate technology publications. London.
- SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios). Resolución 91 de 2007 (FALTA EL POR). Bogotá, D. C. Consultado mayo 18 de 2010, en <<http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/>>.
- SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios). Resolución 18-1072 de 2008, por la cual se desarrolla el trámite para la contratación de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público de energía eléctrica en las Zonas no Interconectadas. Bogotá, D. C. Consultado mayo 18 de 2010, en <<http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/>>.
- Silva, L., y Electo, E., 2007. Principales resultados de los proyectos en gasificación de biomasa en el núcleo de excelencia en generación termoeléctrica y distribuida de la Universidad Federal de Itajubá en Brasil. CIUDAD Y EDITORIAL
- Sudha, P. y Ravindranath, N. 1999. Land availability and biomass production potential in India. Biomass and Bioenergy. V16 N3. Reino Unido: Elsevier. P207-221.
- Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas. 2006. Propuesta para el proyecto "Estudio y diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de la gasificación de la biomasa en zona rural del municipio de Necoclí". Medellín.
- UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 1999. Diseño de un proyecto piloto dendroenergético y formulación de lineamientos de políticas, estrategias e instrumentos para el fomento de sistemas dendroenergéticos en Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá (Colombia).

- UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2003. Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá (Colombia).
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). 1983. Implications of biomass energy technology for developing countries. Expert Meeting Preparatory to International Forum on Technological Advances and Development. USSR. 19 P.
- PATÍÑO. Díez Juan Fernando. Análisis ambiental y lineamientos generales para la implementación de sistemas dendroenergéticos en zonas no interconectadas.
- GOMEZ. Leonel Alberto. Evaluación energética en una planta de generación de energía a través de biomasa leñosa. Vereda Nueva Pampa corregimiento el Totumo. Necoclí.
- ESCOBAR. Paniagua Jhon Fredy. Informe final ambiental del proyecto "generación de energía eléctrica con la tecnología de gasificación de biomasa leñosa en la vereda nueva pampa del corregimiento el Totumo del municipio de Necoclí.
- Informe Final: caracterización y cuantificación de biomasa residual leñosa depositada en las playas del municipio de Necoclí. Juan Fernando Patiño Díez.

Páginas Web consultadas:

- www.necocli-antioquia.gov.co
- IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas). Consultado Mayo 18 de 2010, en: <http://www.ipse.gov.co/>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE: www.dane.gov.co
- Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial Consultado en mayo de 2010, en <http://sigotn.igac.gov.co>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC: www.igac.gov.co
- Sistema de información de servicios públicos: www.sui.gov.co

