



**BID**

Banco Interamericano  
de Desarrollo

# **Hacia la sostenibilidad eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: análisis de alternativas**

José Ramón Gómez  
Juan Eduardo Afanador  
Jorge Luis Rodríguez

**División  
de Energía**

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN-1097

**Septiembre 2016**

# Hacia la sostenibilidad eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: análisis de alternativas

José Ramón Gómez  
Juan Eduardo Afanador  
Jorge Luis Rodríguez

Septiembre 2016

## Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Gómez, José Ramón.

Hacia la sostenibilidad eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: análisis de alternativas / José Ramón Gómez, Juan Eduardo Afanador, Jorge Luis Rodríguez.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1097)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Renewable energy sources-Colombia. 2. Energy development-Environmental aspects-Colombia. 3. Electric power consumption-Colombia. 4. Smart power grids-Colombia. I. Afanador, Juan Eduardo. II. Rodríguez, Jorge Luis. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. IV. Título. V. Serie.

IDB-TN-1097

Código JEL Q40

<http://www.iadb.org>

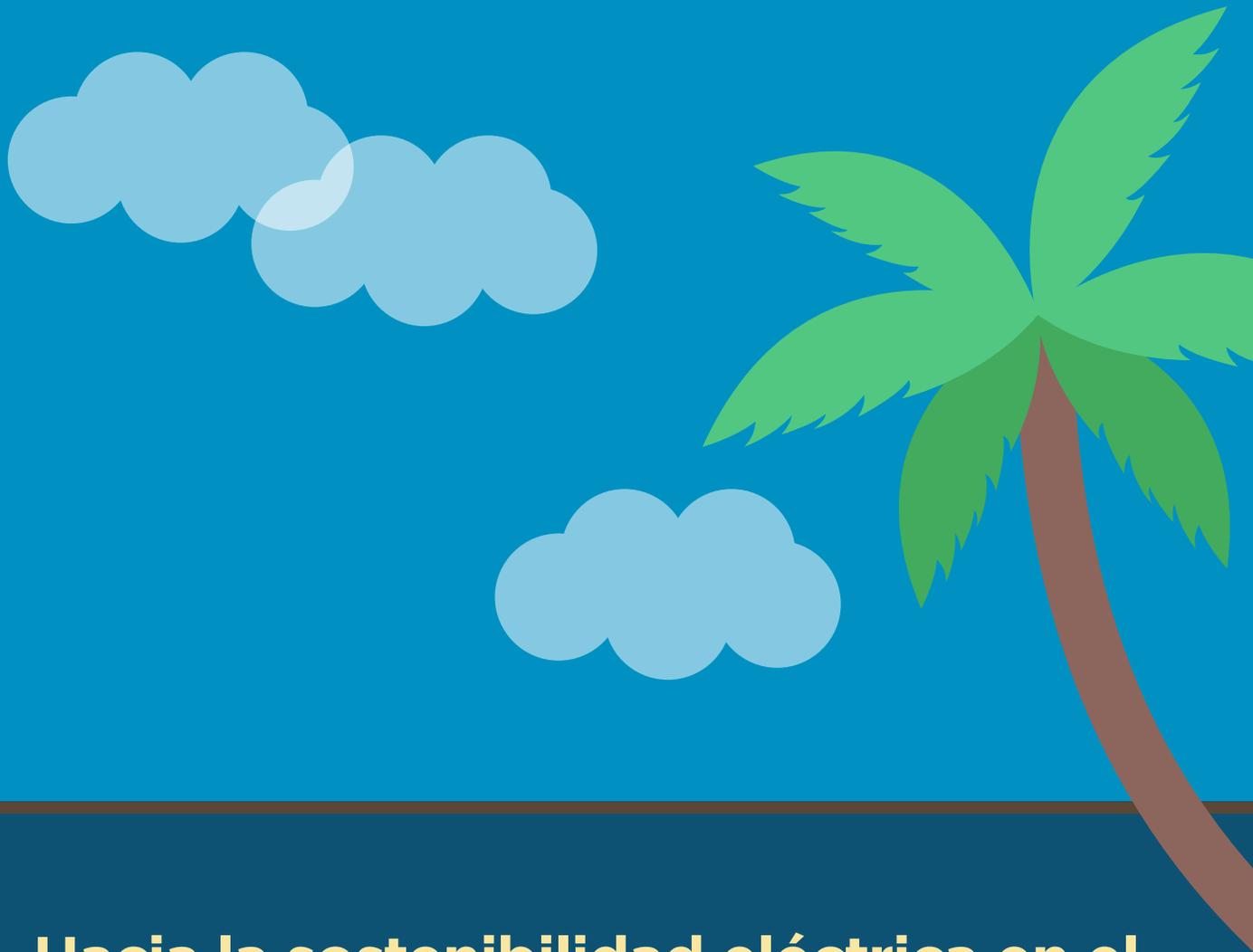
Copyright © 2016 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

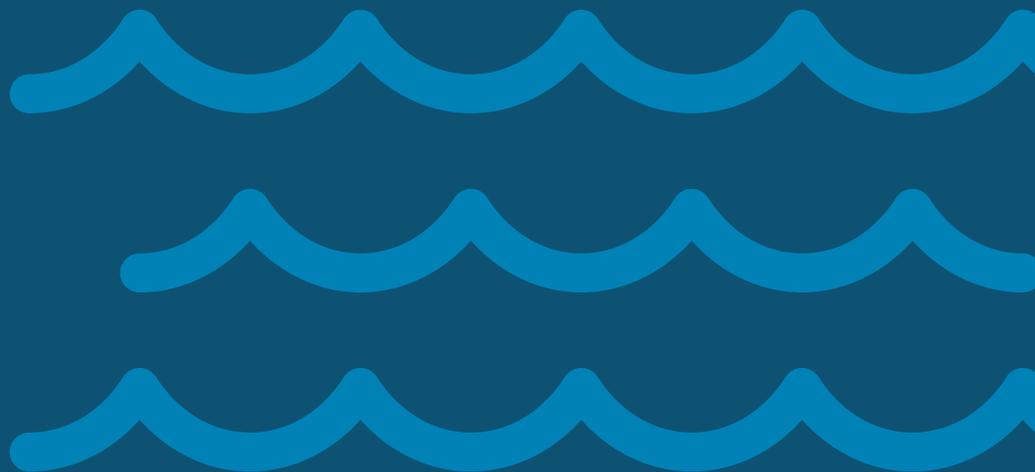
Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa .





**Hacia la sostenibilidad eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: análisis de alternativas**



# Índice

Resumen Ejecutivo.....	6
1 Introducción.....	7
1.1 Objetivo y Justificación.....	8
1.2 Antecedentes.....	10
2 La Eficiencia Energética y las Energías Renovables en el Marco del Desarrollo Sostenible .....	12
3 Contexto Regional del Archipiélago.....	16
3.1 Ubicación geográfica.....	17
3.2 Economía local .....	18
3.3 Población.....	18
4 Situación Eléctrica en San Andrés .....	21
4.1 Generación y cobertura eléctrica.....	22
4.2 Consumo eléctrico .....	23
4.3 Otras consideraciones sobre el servicio eléctrico en el Archipiélago.....	29
5 Hacia una Sostenibilidad Eléctrica en el Archipiélago.....	30
6 Potencial y contribución de la Gestión Eficiente de la demanda y las FNCER para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago .....	32
6.1 Visión y potencial de FNCER.....	34
6.2 Visión y potencial de eficiencia energética.....	42
6.3 Medidas transversales y de soporte a la gestión eficiente de la demanda .....	43
6.4 Participación y conocimiento local como elemento indispensable para alcanzar el logro de los potenciales.....	45
6.5 Monitoreo y evaluación.....	46
7 Conclusiones.....	47
8 Bibliografía .....	51

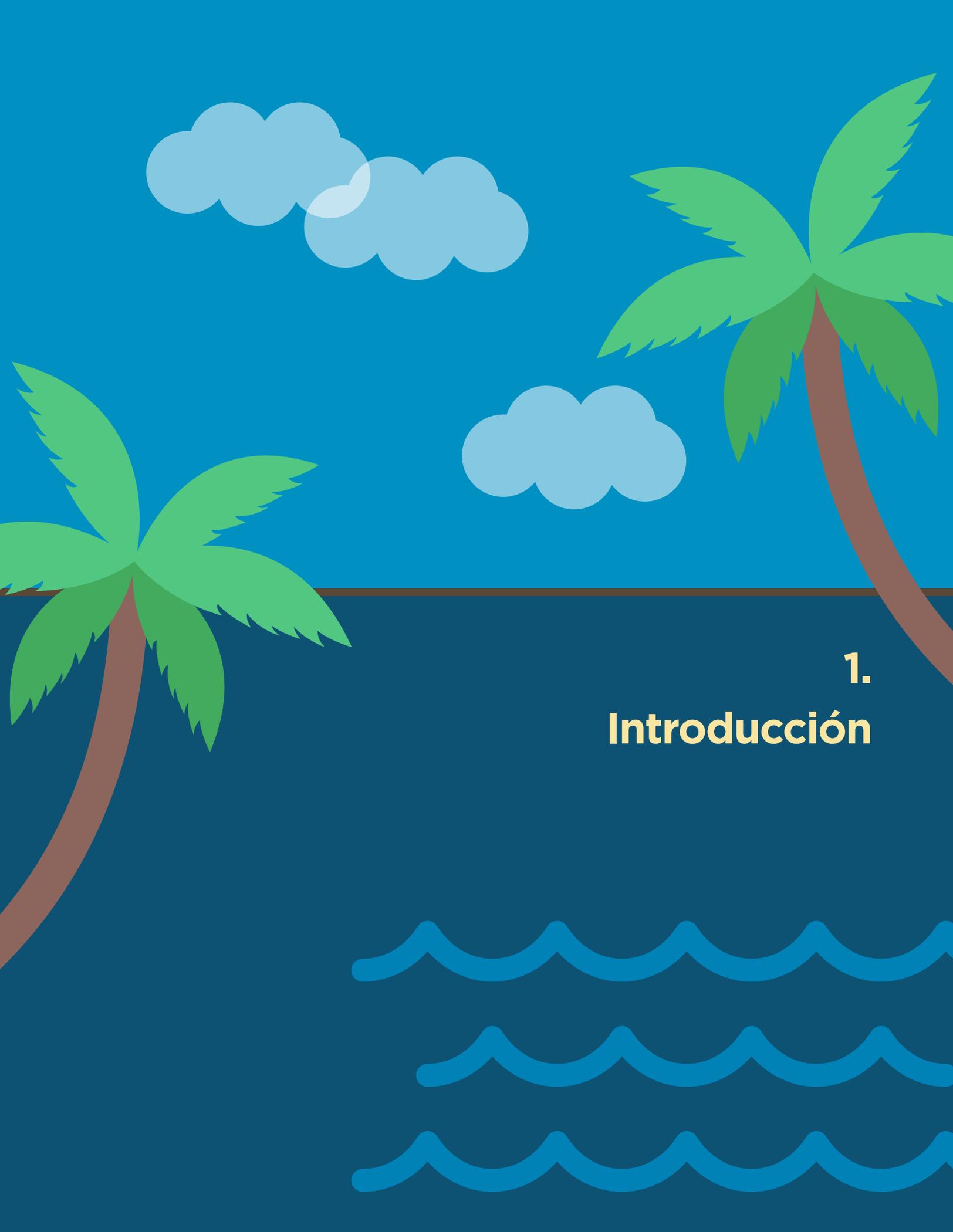


# Resumen Ejecutivo

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es el único departamento insular de Colombia. Su capital, San Andrés, es la principal isla del país. El Archipiélago es una de las Zonas No Interconectadas (ZNI) del territorio colombiano. Abastece su demanda energética, casi en su totalidad con combustibles fósiles, lo que implica retos a la sostenibilidad ambiental y financiera, dada la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y las cargas fiscales para el gobierno central, ya que éste otorga un subsidio para la generación de energía eléctrica. Asimismo, existen ineficiencias en el consumo debido a la obsolescencia de equipos eléctricos y, por otro lado, debido a prácticas inadecuadas en el uso de la electricidad por parte de los beneficiarios del sistema.

La gestión eficiente de la demanda (GED) y la penetración de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), son consideradas pilares estratégicos para el logro de un desarrollo energético sostenible a nivel mundial, permitiendo reducir consumos y modificando las matrices energéticas a configuraciones más limpias, con miras a mejorar la calidad de vida de la población. Estos dos pilares han sido identificados como estrategias de gran potencial para ser implementados en el Archipiélago, gracias, principalmente, a las características de su mercado, sus recursos naturales, el contexto geográfico y la caracterización de su equipamiento. Estos aspectos presentan un potencial muy relevante para mejorar la eficiencia de los sistemas y aprovechar los recursos solar y eólico con que cuenta la región.





**1.**

# **Introducción**

# 1.1 Objetivo y Justificación

El objetivo de esta Nota Técnica es presentar la situación eléctrica del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, los retos que afronta, así como analizar alternativas que conduzcan a su sostenibilidad eléctrica, incluyendo medidas relacionadas con la gestión eficiente de la demanda (GED) y el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER). Para este análisis se tienen en cuenta las condiciones particulares del Archipiélago, como son: sus recursos energéticos, sus características sociales, culturales y demográficas, así como aquellos aspectos relacionados a sus patrones de consumo.

Actualmente, uno de los principales desafíos globales es el aseguramiento del suministro energético de forma ambientalmente sostenible, particularmente en América Latina y el Caribe. El BID, basado en su experiencia y conocimiento, ha identificado que las medidas de GED y el desarrollo del potencial eléctrico a partir de FNCER, son dos de los medios más eficaces para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Según la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), la eficiencia energética<sup>1</sup> (EE) es la medida más importante para reforzar la sostenibilidad energética, ya que aunada a la reducción de GEI, genera múltiples beneficios; como el aumento en el producto interno bruto (PIB) en hasta 1% anual, lo que implica un mayor ingreso disponible, capacidad de ahorro para los hogares y competitividad de los sectores oficial y de servicio (EIA, 2014b). Los países en la región tienen el reto de modificar patrones arraigados de producción y consumo no sostenible, por medio de la promoción de acciones de EE y fuentes de energía renovable (FER), y con la ayuda de tecnologías transversales<sup>2</sup> que permitan su correcta integración y operación, como en el caso de las redes inteligentes.

La realización de proyectos de GED y diversificación de la canasta energética, se enmarcan en las líneas temáticas que guían las acciones del BID en el sector energético de América Latina y el Caribe:

1. **Acceso a la energía: énfasis en la cobertura, fiabilidad y asequibilidad del servicio eléctrico.**
2. **Sostenibilidad energética: enfocado a la EE, energía renovable y adaptación al cambio climático.**
3. **Seguridad energética: calidad de los servicios prestados, infraestructura de energía e integración energética regional.**

<sup>1</sup> En el documento se hace mención de la Eficiencia Energética (EE). La EE, de manera general, corresponde a la optimización del uso de los procesos energéticos como son el consumo eléctrico, el consumo de combustibles o calefacción (de manera equivalente utilizar menos energía para brindar el mismo servicio - iluminación, uso de dispositivos electromecánicos, etc). El término debe asociarse en este caso de estudio principalmente a la EE, relacionada con el consumo en el sector eléctrico.

<sup>2</sup> Tecnologías transversales son aquellas que permiten la implementación o monitoreo de medidas de EE o fuentes renovables de energía. La tecnología de medición inteligente, por ejemplo, sirve tanto para monitorear cambios en patrones de consumo, resultado de la implementación de medidas de EE en un hogar; como para medir la entrega de excedentes de autogeneración, producto de tecnologías de generación como la solar fotovoltaica.

#### 4. Gobernanza energética: fortalecimiento de instituciones, políticas, reglamentación e información sectorial.

De acuerdo al Marco Sectorial de Energía del BID (GN-2830), se impulsará la EE desde una perspectiva de oferta y demanda en todos los sectores económicos, así como la utilización de energías renovables (o menos contaminantes), orientadas a sistemas energéticos más limpios y sostenibles, que promuevan el desarrollo de la región.

De igual forma, las líneas temáticas del BID en materia energética son consistentes con las metas de las iniciativas globales de las Naciones Unidas, *Sustainable Energy for All* (SE4All) y *Sustainable Development Goals* (SDG):

1. (SE4All) Garantizar el acceso universal a servicios de energía modernos.
2. (SE4All) Duplicar el índice global de la mejora en EE.
3. (SE4All) Duplicar la proporción de energía renovable en el conjunto global de fuentes de energía.
4. (SDG) Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
5. (SDG) Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
6. (SDG) Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
7. (SDG) Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (el Archipiélago) es el único departamento insular de Colombia. Su capital, San Andrés, es la principal isla del país. Al ser un territorio insular, el Archipiélago es una de las Zonas No Interconectadas (ZNI) del territorio colombiano que abastece su demanda

energética casi en su totalidad con combustibles fósiles, dada la nula utilización de otras fuentes de energía disponibles.

Esto implica contaminación por efecto de la emisión de GEI, así como cargas fiscales para el gobierno central, debido al subsidio que se otorga para la generación eléctrica y para los usuarios de este servicio en las ZNI. En un contexto global, las regiones costeras e insulares son particularmente vulnerables ante el cambio climático, por lo que la sostenibilidad en estos territorios resulta ser de suma relevancia. Es necesario estudiar y entender la condición energética del Archipiélago, así como analizar el potencial que tienen las medidas del GED, FNCER y tecnologías transversales (tales como las redes inteligentes) para lograr la sostenibilidad energética, ambiental y económica en esta zona.

El documento se estructura en cinco secciones principales, con los siguientes propósitos:

1. Introducir la GED y las FNCER en el marco del desarrollo sostenible.
2. Presentar un contexto general del Archipiélago a nivel geográfico, social y económico.
3. Describir las características de la situación eléctrica en el Archipiélago a nivel de generación y consumo.
4. Analizar las implicaciones de la situación energética en un contexto de sostenibilidad en el Archipiélago.
5. Describir el potencial que pueden ofrecer medidas de GED y su contribución al desarrollo sostenible del Archipiélago.

## 1.2 Antecedentes

# 2010

UPME realizó un estudio de caracterización de consumos energéticos en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el que se identificaron los energéticos empleados, sus diferentes usos, la tenencia y características de equipos existentes, los hábitos de los usuarios en cuanto al manejo de la energía y las posibilidades de mejoramiento.

En el marco de los Fondos de Inversión Limpia (CIF - Clean Investment Funds), Colombia obtuvo la aprobación en 2010 (y la ratificación en 2013), de su Plan de Inversiones para recibir recursos del Fondo de Tecnologías Limpias (CTF - Clean Technology Fund). El plan, preparado y ejecutado por el Gobierno de Colombia (GdC), en conjunto con los Bancos Multilaterales de Desarrollo (Banco Interamericano de Desarrollo, BID; Banco Mundial, BM; y Corporación Financiera Internacional, IFC), buscan impulsar la implementación de objetivos de desarrollo bajo en carbono, contemplados en los Planes Nacionales de Desarrollo (PND). De manera específica, los recursos del CTF están destinados a financiar y escalar proyectos en las áreas de EE, energía renovable y transporte urbano.

En paralelo a los esfuerzos adelantados por el GdC y la Banca Multilateral de Desarrollo para la estruc-

turación del CIF, en 2010 la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en el contexto del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas no convencionales de la energía (PROURE)<sup>3</sup>, realizó un estudio de caracterización de consumos energéticos en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el cual se identificaron diversos energéticos empleados, sus distintos usos, tenencia y características de equipos existentes, hábitos de los usuarios en cuanto al manejo de la energía, así como las posibilidades de mejoramiento de la EE en cada uno de los sectores estudiados.

Posteriormente en 2012, la UPME adelantó auditorías energéticas en viviendas y establecimientos en los sectores hotelero, comercial y público, ratificando las opciones de mejoramiento de la EE identificadas en la caracterización.

<sup>3</sup> El PROURE consiste en una serie de estrategias, subprogramas y líneas de acción lideradas por el GdC, las cuales mejoran la eficiencia energética en los sectores de consumo y promover el uso de fuentes no convencionales de energía. Entre las medidas y subprogramas se encuentran acciones que reglamentan el etiquetado y estándares aceptados de dispositivos eléctricos (RETIQ) y de alumbrado público (RETILAP).

**Las auditorías evaluaron de manera general, posibilidades de uso de fuentes no convencionales de energía (FNCER) en complemento de las medidas de GED.**

Estas auditorías incluyeron un análisis detallado, tanto técnico como financiero, de las medidas sugeridas, así como una revisión de la oferta de equipos, para evaluar la posibilidad de impulsar una reconversión tecnológica apropiada.

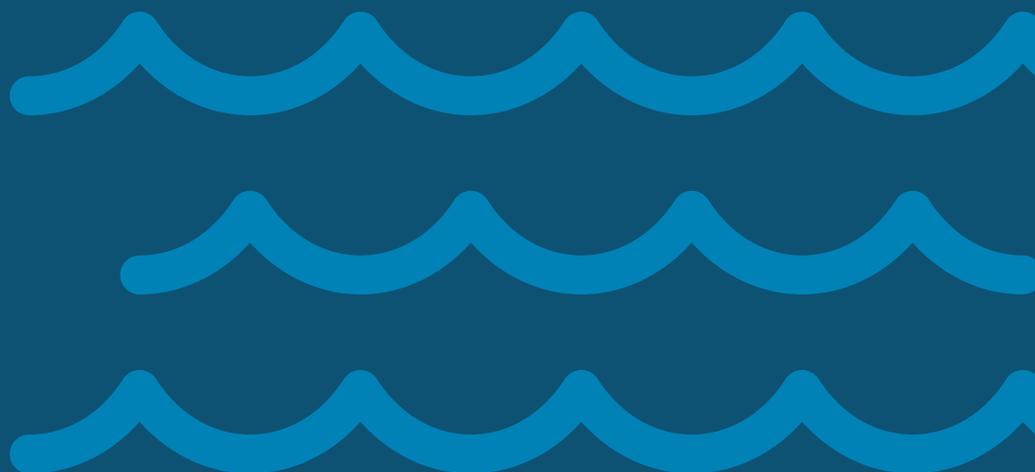
Dentro de las medidas identificadas en las auditorías, existen opciones de intervenciones básicas, intermedias y avanzadas, que difieren no sólo en el monto de inversión, sino en la cantidad de energía ahorrada por concepto de EE. Finalmente, las auditorías evaluaron de manera general posibilidades de uso de fuentes no convencionales de energía (FNCER) como complemento de las medidas de GED.

Con el objetivo de avanzar en la materialización de las medidas de GED identificadas, de manera que favorezcan a la sostenibilidad en el Archipiélago, en 2014 el BID aprobó la Cooperación Técnica (CT) no reembolsable en “Apoyo al programa de eficiencia energética en la Isla San Andrés” (ATN/KK-14254-CO, CO-T1353), la cual tiene como objetivo general respaldar al GdC en la promoción de medidas de EE; mientras que, de manera específica, busca apoyar la conformación de una operación de crédito con recursos concesionales del CTF, para la implementación de las medidas de EE en el Archipiélago. De esta manera, la CT provee insumos para la estructuración del “Programa de Gestión Eficiente de la Demanda de Energía en Zonas No Interconectadas” (CO-L1119), iniciando como caso piloto con el Archipiélago De San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Producto de la CT, se instauró un programa de GED para el Archipiélago, el cual incluye identificación de las tecnologías, definición del potencial de inversiones, cuantificación de los ahorros energéticos, potencial de reducción de emisiones de GEI, así como una propuesta para la operación del programa, teniendo en cuenta las características energéticas del Archipiélago y de su población.



**2.**

## **La Eficiencia Energética y las Energías Renovables en el Marco del Desarrollo Sostenible**



El concepto de sostenibilidad puede definirse en términos generales como el desarrollo que garantiza las necesidades actuales sin afectar o comprometer la capacidad de aseguramiento de las necesidades futuras (Ganda & Collins, 2014). En el contexto energético, esta definición de sostenibilidad también es aplicable en cuanto a que las necesidades energéticas ya sean de una ciudad, departamento, país o región en general, deban ser solventadas sin comprometer el abastecimiento energético futuro. El aseguramiento energético debe velar no solo por la disponibilidad del suministro y prestación del servicio, sino también para que el servicio pueda otorgarse sin afectar el bienestar general de su entorno ambiental, económico, social y cultural.

La EE y las fuentes de energía renovable (FER) constituyen pilares para el logro de un desarrollo energético sostenible. La GED consiste en el uso racional del recurso energético sea cual sea su origen, esto es, satisfacer las necesidades de consumo reduciendo la cantidad de energía requerida (en este sentido, a lo largo del presente documento también se hará uso del término Gestión Eficiente de la Demanda, GED relacionado, de manera puntual, a la demanda eléctrica). Consecuentemente, la EE es considerada como una herramienta fundamental para mitigar la presión del suministro de energía (EIA, 2014a). Las FER, como bien lo indica su nombre, constituyen fuentes de energía que pueden reutilizarse o reponerse en contraste con recursos agotables, como los combustibles fósiles.

Tal como se describe en Ganda & Collins (2014), la EE y las energías renovables desempeñan un rol fundamental en la consolidación energética de los países. La sustitución de combustibles fósiles, o su menor utilización, se asocian directamente con la reducción de emisiones de

carbono, a la remisión del cambio climático y a la solución de diversos problemas relacionados con la pobreza energética. En algunos países, donde estas medidas y tecnologías han sido implementadas, se ha manifestado una reducción de la pobreza gracias a que los ahorros de energía se traducen en más recursos económicos disponibles, los cuales satisfacen las necesidades que antes no podían ser cubiertas, tanto a nivel de usuarios como a nivel gubernamental. Además, estas medidas y tecnologías permiten apalancar la consolidación de actividades económicas productivas y servicios terciarios en regiones donde el servicio eléctrico es deficiente o inexistente. Los beneficios de la EE son amplios y se presentan en detalle en (EIA, 2014b).

En el caso particular colombiano, y con miras al desarrollo del presente documento, es necesario diferenciar entre fuentes de energía renovable FER, FNCER y fuentes alternativas de energía. Las FER constituyen cualquier fuente de energía con carácter reutilizable (solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, biomasa, mareomotriz e hidráulica, entre otras). La energía hidroeléctrica, sin embargo, aunque posee un carácter renovable, es ampliamente conocida y ha sido utilizada, de manera tradicional o convencional, en el sistema colombiano en complemento con tecnologías de generación térmica (carbón, gas natural y combustibles líquidos). Las FNCER con mayor potencial para Colombia han sido identificadas por la UPME (UPME, 2015) y corresponden a la energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica y a la biomasa. De entre estas fuentes, y de manera específica para el Archipiélago, se identifican a las fuentes solar fotovoltaica y eólica como las más promisorias, según lo muestran las evaluaciones del recurso realizadas en la zona. Finalmente, las fuentes alternativas constituyen cualquier otra opción energética que no sea de uso



tradicional en Colombia o en alguna de sus regiones. Este último concepto es importante, ya que si bien una fuente alternativa puede no ser de carácter renovable, como el gas natural o GLP, puede resultar en una opción más económica o ambientalmente menos contaminante que una fuente de energía actualmente en uso, como por ejemplo, el diésel.

**Figura 1 - Beneficios de la eficiencia energética.**



Fuente: (EIA, 2014b)

A su vez, las siguientes interrogantes ayudan a examinar la situación energética de una región e identificar medras potenciales que conduzcan a la sostenibilidad:

- ¿Es el consumo actual óptimo? De no ser óptimo:
  - ¿Existe conciencia cultural sobre el uso racional de energía?
  - ¿Existen causas para el uso ineficiente de la energía?

- ¿La ineficiencia en el consumo se da por la falta de conciencia o conocimiento sobre la importancia del ahorro energético? ¿Se da por un uso indebido de los equipos eléctricos? ¿Se da por la obsolescencia de los equipos eléctricos que requieren de un consumo elevado independiente del manejo que se les dé?
- ¿Por todos los anteriores?
  
- ¿Es la matriz energética limpia? De no ser limpia:
  - ¿Existe potencial para el aprovechamiento de recursos renovables locales?
  - De no haber recursos renovables a nivel local o existir restricciones para su aprovechamiento, ¿es posible utilizar fuentes alternativas menos contaminantes y costosas?

En la medida que la respuesta a alguna de las preguntas anteriores sea sí, existe espacio para la aplicación de acciones de eficiencia o la implementación de nuevas tecnologías que contribuyan a la sostenibilidad regional.





### 3. Contexto Regional del Archipiélago

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (el Archipiélago) es el principal territorio insular de Colombia tanto a nivel poblacional como en extensión geográfica. Dada su ubicación, esta región posee características particulares a nivel económico, poblacional y cultural que lo diferencian de los otros departamentos que se encuentran en el continente.

### 3.1 Ubicación geográfica

El Archipiélago cuenta con una extensión de tierra de 52,2 km<sup>2</sup>, conformada por tres islas principales y más de 20 cayos e islotes (Gobernación de San Andrés, 2015). El Archipiélago constituye el único departamento de Colombia que no se encuentra en el territorio continental y su capital, la Isla de San Andrés, está ubicada a 720 km al noroeste de la costa Caribe colombiana.

**Figura 2 - Ubicación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.**

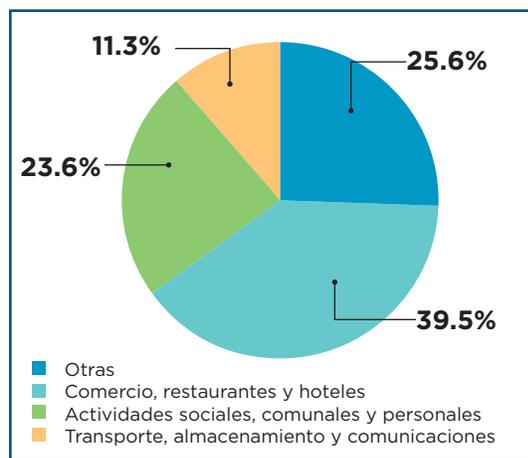


La isla de San Andrés cuenta con la extensión más grande de tierra (27 km<sup>2</sup>) y es donde se asienta el grueso de la población del archipiélago. Providencia posee 7 km<sup>2</sup> de extensión, mientras que Santa Catalina es una pequeña isla de tan solo 1 km<sup>2</sup>, separada de Providencia por un canal de 150 metros; en este sentido, todas sus actividades económicas están relacionadas con las de Providencia.

## 3.2 Economía local

En 1953 San Andrés fue declarado Puerto Libre, lo cual incentivó el desarrollo comercial dadas las facilidades existentes para la importación de mercancías. El turismo y el crecimiento poblacional, factor que se explica en la sección 3.3, fueron motivados por esta medida. Desde entonces, las principales actividades económicas de la región han estado relacionadas con el turismo y el comercio y, en menor escala, con la agricultura y la pesca de subsistencia. La agricultura es escasa y solo se encuentran cultivos locales de coco, plátano y cítricos. El departamento aporta aproximadamente el 0,1% del PIB nacional. La Figura 3 muestra la distribución del PIB del Archipiélago por cada actividad económica.

**Figura 3 - Distribución del PIB en el Archipiélago por actividad económica (2012).**



Fuente: elaborado con base en información de (DANE, 2014)

Según el Informe de Coyuntura Económica Regional 2013 del DANE, la población laboral en el Archipiélago se encuentra distribuida así: 46% en hoteles, restauran-

tes y bares; el 21% en actividades relacionadas con el comercio; 12% en transporte, almacenamiento y comunicaciones, y 7% en actividades de construcción. Es importante resaltar que, según esta distribución, alrededor del 80% de los empleos depende directa o indirectamente del turismo. También resulta relevante el hecho de que el 43% de la población ocupada trabaja por cuenta propia.

Las actividades económicas tradicionales, como la agricultura del coco y la pesca artesanal, se han vuelto poco rentables frente a otras actividades económicas, tales como la hotelería y el comercio, lo que tiene implicaciones para distintos grupos poblacionales en la región. En este sentido, la población nativa o raizal del archipiélago es económicamente vulnerable, ya que depende en gran medida de las actividades económicas tradicionales<sup>4</sup>.

## 3.3 Población

El Archipiélago cuenta con 75.167 habitantes y una densidad poblacional de 1,44 habitantes/m<sup>2</sup>. El 93% de los habitantes reside en San Andrés, mientras que cerca del 7% reside en Providencia y Santa Catalina.

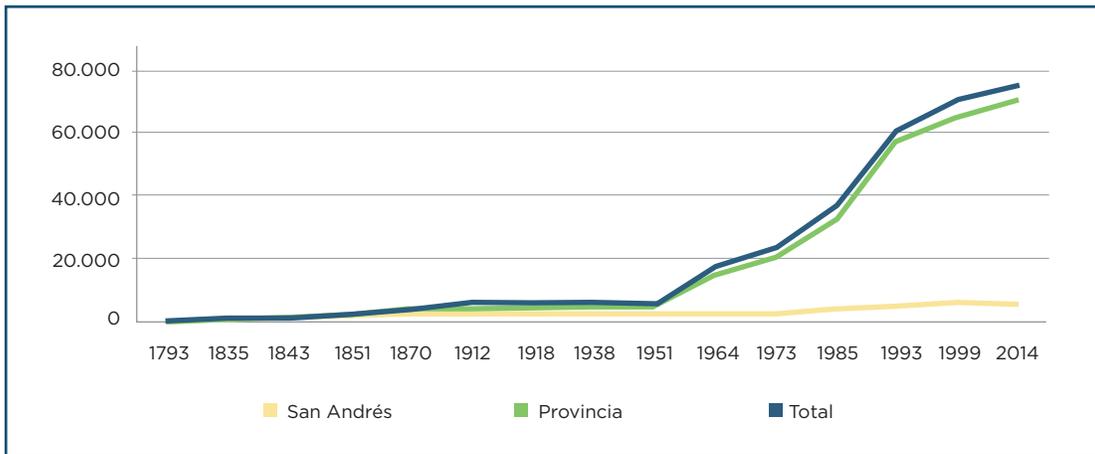
A lo largo de su historia, el Archipiélago ha tenido variaciones poblacionales y demográficas que resultan relevantes para comprender su composición étnico-cultural actual. Entre el siglo XVIII y la década de 1950, la población se mantuvo relativamente estable. Durante este período, las islas fueron pobladas por diferentes grupos étnicos, incluyendo colonos ingleses y sus esclavos; además de colonos de Jamaica, Curazao, Escocia e Irlanda, quienes posteriormente fueron adheridos a la

<sup>4</sup> Varios de los programas de la Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se enfocan en apoyar las actividades económicas y culturales de los grupos étnicos tradicionales. Estos programas locales son descritos en el Plan de Desarrollo 2015 -2016 del municipio (Gobernación de San Andrés, 2012).

Corona española bajo la condición de convertirse al catolicismo; por esta razón los habitantes hablaban una variante caribeña del idioma inglés (Banco de la República, 2003). Es por esto mismo que se debe comprender que, a nivel sociocultural, la población nativa del archipiélago es fundamentalmente diferente a la del resto del territorio colombiano.

En la década de 1950, y luego de ser declarada como puerto libre, se dio una importante migración de población originaria del continente hacia San Andrés, tal como se aprecia en la Figura 4. Dado este crecimiento y el área reducida de la isla, San Andrés es actualmente uno de los territorios más densamente poblados de Colombia.

**Figura 4 - Crecimiento poblacional en San Andrés y Providencia.**



**Fuente:** elaborado con base en información de (Banco de la República, 2003) y censo del DANE

El crecimiento demográfico de la isla ha traído consecuencias tales como el aumento en el número de personas en pobreza intermedia, pobreza y pobreza extrema (Lopez Silva, 2015). De acuerdo con datos del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN), cerca del 80% de la población en el Archipiélago posee una puntuación inferior a 50 puntos, límite que representa generalmente el punto de corte para la entrega de subsidios estatales (BID, 2013). De manera consistente y según cifras de ACNUR, en 2003 había 18.493 usuarios afiliados al régimen subsidiado (estratos 1,2 y 3); mientras que en 2006, la cifra

había crecido a 26.581, representando un crecimiento del 43% en tan solo tres años (ACNUR, s.f.). Como se explicará más adelante, esta caracterización tiene implicaciones para la prestación del servicio eléctrico en la isla.

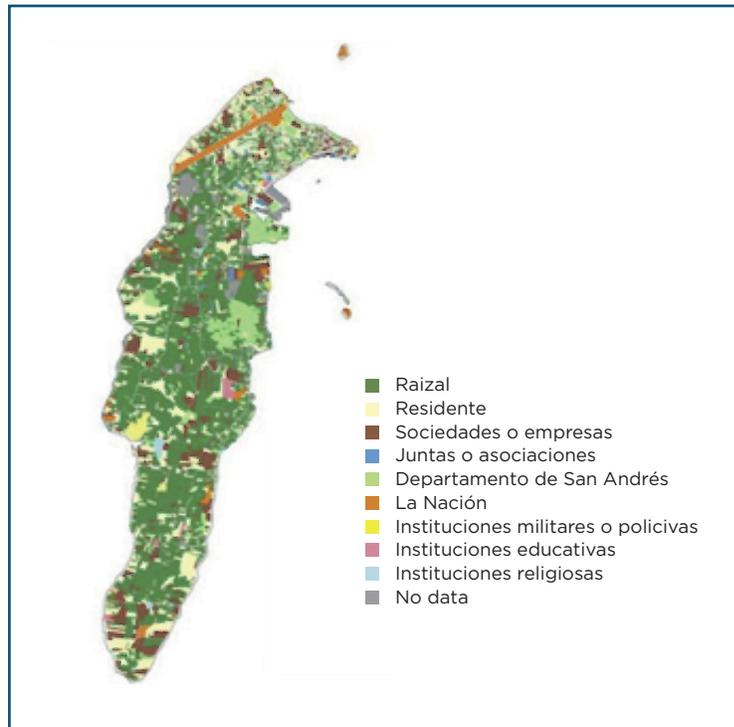
Adicionalmente, la población nativa o raizal<sup>5</sup> se ha visto reducida paulatinamente hasta convertirse en una minoría poblacional en situación de marginación económica, ello en razón de que las principales actividades económicas tienden a estar controladas por otros grupos poblacionales. Actualmente la población raizal representa cerca del 35%<sup>6</sup> de la población total en el Archipiélago.

<sup>5</sup> Población originaria del Archipiélago que pertenece a un grupo étnico indígena con historia y orígenes propios, y también con cultura, lengua, y costumbres propias. Dada la separación del Archipiélago con el continente, la lengua, cultura y tradiciones de esta población se han conservado.

<sup>6</sup> Según el censo DANE 2005.

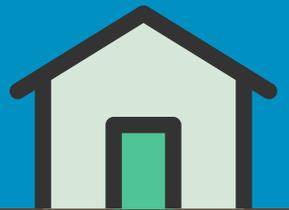
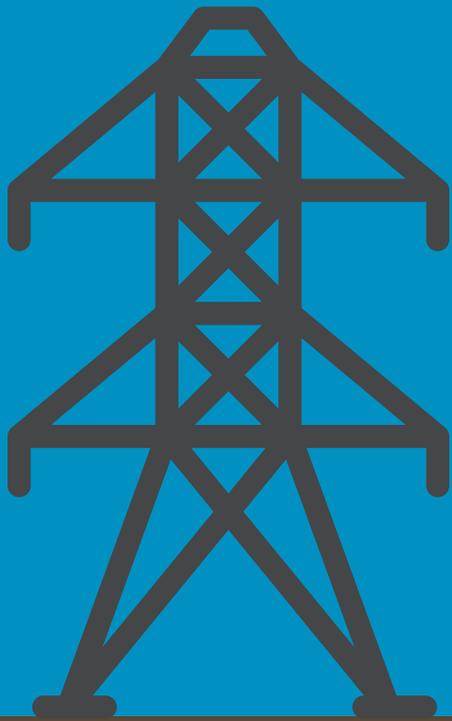
Sin embargo, los raizales continúan teniendo un fuerte arraigo en el Archipiélago y constituyen un grupo fundamental para la toma de decisiones en la zona. Como se ilustra en la Figura 5, la población raizal está distribuida en casi la totalidad de la isla de San Andrés.

**Figura 5 - Mapa de distribución de raizales en San Andrés<sup>7</sup>.**



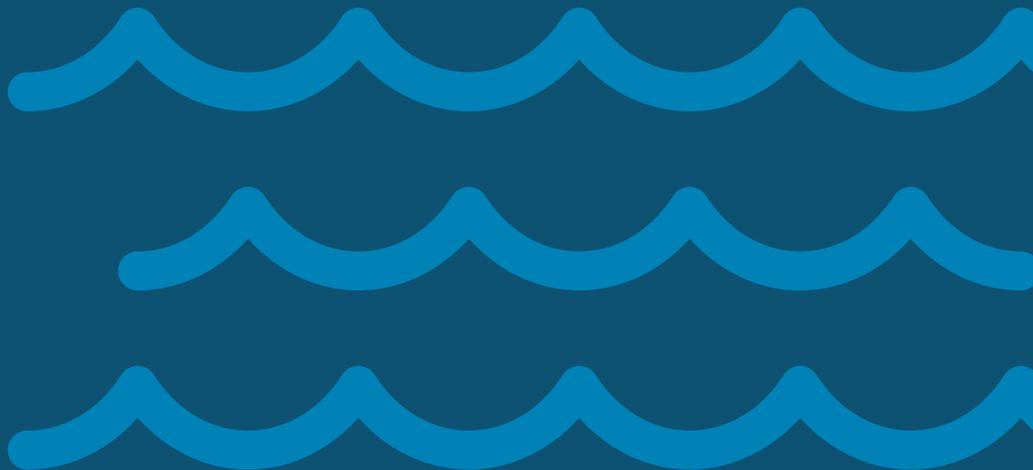
Por otra parte, y según se afirma en López Silva (2015), el crecimiento poblacional en San Andrés se ha caracterizado por haber ocurrido de manera desequilibrada y con intervención no planificada en el medio ambiente por parte de los habitantes. Este resulta ser un factor determinante en cuanto a la sostenibilidad actual y futura del Archipiélago. Algunos de los efectos más críticos de la continua presión ambiental son: 1) el alto grado de contaminación de las aguas marinas, causado por aguas residuales vertidas sin previo tratamiento, lo que amenaza el equilibrio de los manglares y corales; y 2) la disposición de aguas residuales directamente en el ambiente, ya sea en los patios de las casas o en terrenos abandonados, ha degradado la calidad del paisaje natural, del aire y del agua subterránea y superficial.

<sup>7</sup> Nota: figura utilizada en Lopez Silva (2015) y tomada originalmente del sitio web: [www.sanandresunsuenoinolvidable.blogspot.com](http://www.sanandresunsuenoinolvidable.blogspot.com)



4.

## Situación Eléctrica en San Andrés



Al ser un territorio insular, el Archipiélago es una de las Zonas No Interconectadas (ZNI) del territorio colombiano que abastece su demanda energética casi en su totalidad con combustible diésel. Esto implica no sólo contaminación por efecto de la emisión de GEI (cerca de 134,000 toneladas de CO<sup>2</sup> al año<sup>8</sup>), sino cargas fiscales para el gobierno central debido a los subsidios a los combustibles para generación eléctrica en las ZNI<sup>9</sup>, mismos que ascendieron a aproximadamente \$100.000.000 USD para el Archipiélago en los últimos cuatro años, y corresponden a más del 40% de los subsidios otorgados por este concepto en todo el país; por otro lado, también se deben sumar los subsidios que se aplican por nivel socioeconómico o estrato. Desde un punto de vista de sostenibilidad ambiental y socioeconómica, esto representa uno de los principales retos para la zona. En el presente numeral se expone la situación energética en materia de energía eléctrica de San Andrés y Providencia.

## 4.1 Generación y cobertura eléctrica

La prestación del servicio de energía eléctrica en el Archipiélago está soportada en un contrato de concesión en el área de

servicio exclusivo<sup>10</sup> suscrito entre el Ministerio de Minas y Energía y el operador privado SOPESA<sup>11</sup>, el cual administra todas las operaciones, incluyendo generación, distribución y comercialización de electricidad en el Archipiélago.

En materia de generación, San Andrés cuenta con una potencia instalada de 83,6 MW distribuida en 18 unidades de generación operadas con diésel marino, el cual es transportado desde la central de Ecopetrol en Cartagena. La generación eléctrica es del orden de los 200 GWh/año, con una demanda máxima de potencia del sistema de San Andrés de 31,4 MW. Se estima que en 2014 los costos de generación ascendieron a 0,372 USD/kWh, incluyendo costos del combustible y gastos de operación y mantenimiento (UPME, 2015). De acuerdo con estudios del BID (Ramírez, “Análisis de opciones de suministro de gas natural a San Andrés Isla”, 2014) las dos principales unidades de generación<sup>12</sup> pueden ser adaptadas para utilizar gas natural como combustible, sin embargo esta modificación no se ha dado. Se estima que en 2013 se requirieron cerca de 12.7 millones de galones de diésel para operar las unidades de generación<sup>13</sup>.

En cuanto a la isla de Providencia, esta posee una capacidad instalada de 4,6 MW distribuidos en cuatro unidades de entre 0,7 MW y 1,4 MW cada una.

<sup>8</sup> Se considera un factor de 0,67 Kg CO<sub>2</sub>/kWh y una generación promedio de 200 GWh - Año.

<sup>9</sup> Los costos de generación con combustibles fósiles en las ZNI, incluyendo el transporte del combustible hasta el lugar de generación, son asumidos con cargo a los subsidios que entrega el Estado por medio del Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingresos - FSSRI.

<sup>10</sup> Las áreas de servicio exclusivo fueron consagradas en Ley 142 de 1994 y constituyen zonas donde la entidad pública competente, mediante invitación pública, le otorga exclusividad a una empresa para prestar un servicio público. Ninguna otra empresa de servicios públicos puede ofrecer los mismos servicios en la misma área durante un tiempo determinado. Estas áreas buscan dar cobertura de servicios públicos a las regiones más apartadas del territorio nacional y a las personas con menores recursos. Actualmente en Colombia hay dos áreas de servicio exclusivo que corresponden a Amazonas y a San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

<sup>11</sup> SOPESA: Sociedad Productora de Energía de San Andrés y Providencia S.A. E.S.P. ([www.sopesa.com](http://www.sopesa.com)).

<sup>12</sup> Unidades MAN de 14.3 MW cada una, corresponden a las dos unidades de generación más nuevas de la isla.

<sup>13</sup> Todos los cálculos presentados para las unidades de generación y consumo en esta sección fueron tomados de Ramírez (2014).

La demanda máxima de potencia en esta isla es de 1,8 MW<sup>14</sup> y se calcula que el requerimiento de diésel para operar las unidades de Providencia ascendió a 0,8 millones de galones en 2013.

Dada esta configuración, se señala que la matriz eléctrica del Archipiélago (y en general esto es también válido para la matriz energética), depende casi en su totalidad de combustibles fósiles.

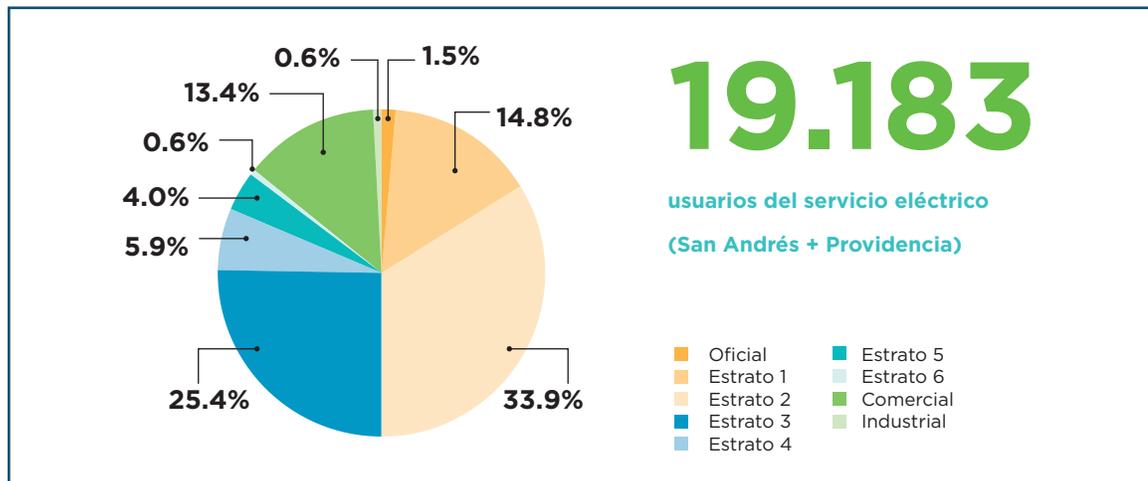
Adicionalmente, San Andrés cuenta con una planta de incineración de residuos sólidos urbanos (RSU), cuya capacidad instalada de generación es de 1 MW. Aun cuando la planta ya está instalada, no ha entrado en funcionamiento.

El Archipiélago cuenta con una cobertura del servicio de energía eléctrica cercana al 100%. La demanda es atendida a través de un sistema de distribución local con dos subestaciones y 16 circuitos. En este sentido, la cobertura no constituye un reto, pero sí la calidad de la energía suministrada.

## 4.2 Consumo eléctrico

El archipiélago tiene un total de 19.183<sup>15</sup> usuarios, de los cuales aproximadamente 17.000 (90%) se encuentran en la isla de San Andrés y 2.000 (10%) se encuentran en Providencia. En la Figura 6 se observa que el 85% de los usuarios se concentra en el sector residencial; mientras que un 13% es para el sector comercial y el 2% restante corresponde a los sectores industrial (hotelero<sup>16</sup>) y oficial. Cabe resaltar que dentro de la distribución total, aproximadamente el 75% de los usuarios son residenciales de los estratos 1, 2 y 3, hecho con concordancia con las características demográficas de la región.

**Figura 6 - Distribución del número de usuarios por estrato y sector 2014.**



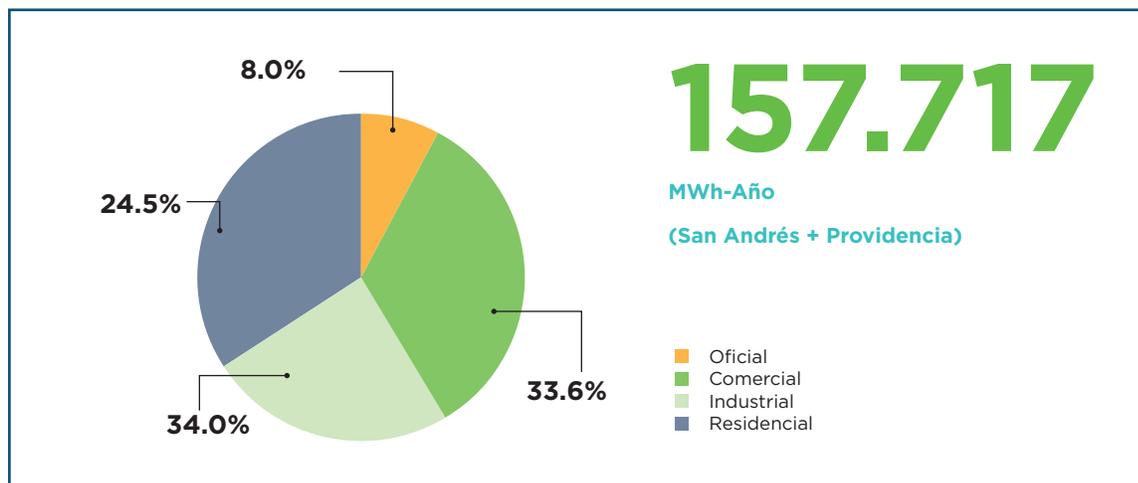
**Fuente:** elaborado con base en información del operador reportada al Sistema Único de información (SUI, 2015) para el año 2014

<sup>14</sup> Cálculos realizados para el 2013 tanto para San Andrés como para Providencia según Ramírez (2014).

<sup>15</sup> Calculado como el promedio anual durante 2014, según información reportada por el operador al SUI (2015).

<sup>16</sup> En San Andrés el sector industrial corresponde principalmente al sector hotelero, ya que de 114 establecimientos industriales registrados en 2009, 99 correspondían a negocios asociados con la hotelería (Corpoema, 2010).

Figura 7 - Distribución del consumo eléctrico por tipo de usuario 2014.



Fuente: elaborado con base en información del operador reportada al Sistema Único de información (SUI, 2015) para el año 2014 y correspondiente a consumo eléctrico facturado.

El consumo eléctrico facturado oscila entre 155 GWh/año y 165 GWh/año. De manera comparativa, este consumo representaría menos del 0,5% del consumo eléctrico de Colombia si se contrasta con los consumos del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

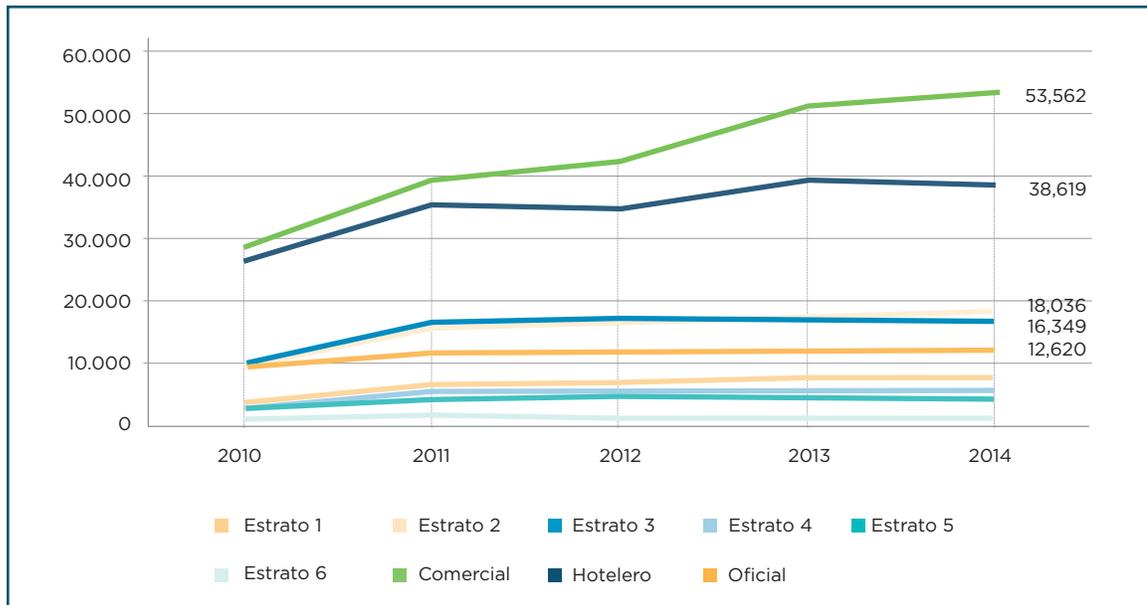
De manera general, este consumo se distribuye proporcionalmente entre los sectores residencial, industrial y comercial, cada uno de ellos con aproximadamente el 30% del consumo total (Figura 7). A pesar de que el sector hotelero posee menos

del 0,6% de participación por número de usuarios, consume una proporción comparable a los otros sectores debido a la presencia de varios hoteles de gran tamaño.<sup>17</sup>

Como se aprecia en la Figura 8, el consumo eléctrico en el Archipiélago ha crecido en los últimos años provocado principalmente por la demanda de los sectores comercial y hotelero. De acuerdo con la tendencia histórica, se estima que el crecimiento anual de la demanda a corto plazo es del orden de 2,2% (UPME, 2015).

<sup>17</sup> En la isla de San Andrés existen aproximadamente 45 hoteles (BASE - UNEP Collaboration Centre, 2013). Sin embargo, el número real tiende a ser mucho mayor, que existen otro tipo de albergues como posadas nativas y "apartahoteles", los cuales ofrecen el servicio de hospedaje dentro del sector residencial. Según Corpoema (2010), en 2009, se registraban 4 apartahoteles y 15 posadas nativas en San Andrés, además de 13 hoteles pequeños en Providencia.

**Figura 8 - Crecimiento del consumo eléctrico por estrato y sector 2010 - 2014.**



**Fuente: elaborado con base en información del operador reportada al Sistema Único de información (SUI, 2015) entre 2010 y 2014**

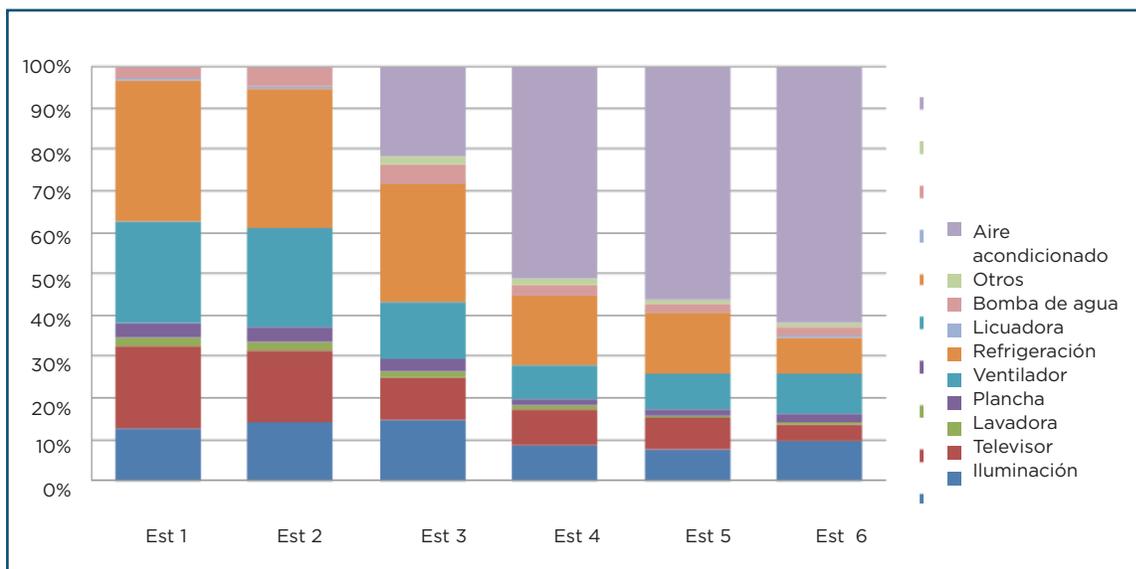
Con base en el estudio de caracterización energética realizado en 2010 por Corpoema para la UPME (Corpoema, 2010), es posible detallar los consumos energéticos para cada uno de los estratos y sectores, los cuales poseen particularidades que se ilustran en las Figuras 9 y 10. Considerando su capacidad de pago limitada, los usuarios de estratos 1 y 2 se caracterizan por contar con ventiladores<sup>18</sup> (o abanicos, como se conocen en la costa atlántica), dado que el costo de adquisición de un ventilador es más bajo frente al de un sistema de aire acondicionado<sup>19</sup>. En estos dos estratos, la proporción del consumo por parte de la

refrigera constituye cerca del 30%, seguido por los ventiladores, la televisión y las luminarias, en su mayoría incandescentes y poco eficientes. A medida que aumenta la capacidad adquisitiva de los usuarios, esto es, a medida que se asciende del estrato 1 al 6, la participación del aire acondicionado en el consumo eléctrico va aumentando hasta alcanzar cerca de 60% en los estratos 5 y 6. La cocción de alimentos con electricidad no se considera, dado que no se utilizan estufas a gas (GLP).

<sup>18</sup> Ventilador o abanico hace referencia a un electrodoméstico que consta de un motor que hace girar un conjunto de aspas para generar un flujo de aire en el ambiente.

<sup>19</sup> Aire acondicionado hace referencia a un dispositivo que permite regular la temperatura (comúnmente enfriamiento), humedad y limpieza del aire.

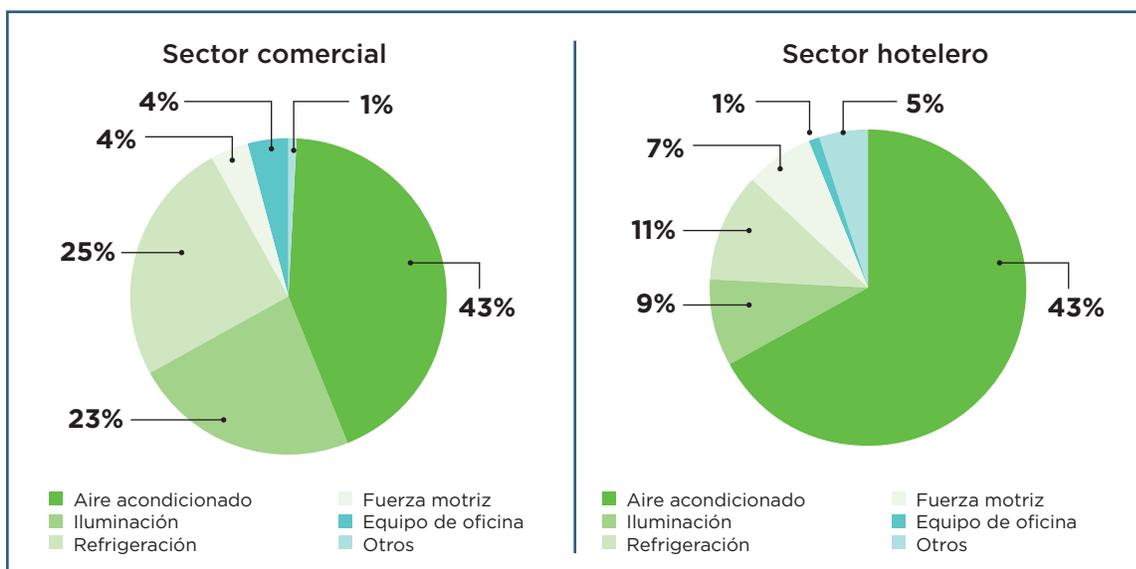
**Figura 9 - Uso final de energía eléctrica por estrato.**



Fuente: (Corpoema, 2010)

En el sector comercial, los principales consumos están asociados con el aire acondicionado, refrigeración e iluminación; mientras que el sector hotelero está fuertemente marcado por el consumo de aire acondicionado, con una participación cercana al 70%.

**Figura 10 - Uso final de energía eléctrica en los sectores comercial y hotelero.**



Fuente: Elaborado con base en (Corpoema, 2010)

Los estudios de la UPME en 2010 y 2012 concluyen que las tecnologías que originan los principales consumos en el Archipiélago (aire acondicionado, refrigeración e iluminación) tienden a ser ineficientes y, en muchos casos, están sobredimensionados para satisfacer los requerimientos reales de los usuarios. Tomando el caso particular del sector comercial ( en donde se utilizan luminarias de distintas tecnologías y eficiencias, desde bombillas incandescentes hasta iluminación LED), más del 66% de los establecimientos están por encima del valor máximo recomendado<sup>20</sup> de 20 W/m<sup>2</sup>, lo que significa que las tecnologías empleadas son ineficientes, y que los niveles de iluminación son exagerados. Por otro lado, la tecnología de *chillers*<sup>21</sup> utilizada por muchos de los hoteles suele ser antigua.

### Ejemplo de prácticas ineficientes en el consumo de electricidad en el Archipiélago

Gracias a la interacción con entidades como la Cámara de Comercio de San Andrés y SOPESA y con los habitantes de la isla, ha sido posible identificar otros factores de ineficiencia en el consumo eléctrico, los cuales son de origen cultural y trascienden las tecnologías utilizadas. Por ejemplo, se ha encontrado cómo los almacenes o comercios, en general, mantienen sus puertas abiertas y, al mismo tiempo, conservan encendidos sus equipos de aire acondicionado. Esta práctica se realiza bajo el argumento de que los clientes son menos propensos a entrar a un comercio si la puerta está cerrada. De todos los equipos de aire acondicionado en los comercios, se estima que **solo el 11% corresponden a cortinas de aire** que permitirían mantener las puertas abiertas. Otras prácticas ineficientes identificadas incluyen la **ubicación de electrodomésticos en zonas con poca ventilación o con exposición directa al sol.**

La Tabla 1 resume el consumo de energía mensual promedio para un usuario en cada uno de los estratos y sectores en San Andrés. Estos consumos resultan importantes para ilustrar otros de los factores diferenciadores del Archipiélago con respecto al resto del país (y que también están relacionados con el límite de consumo de subsistencia<sup>22</sup>): el límite de consumo para la asignación de subsidios y el consumo real de los distintos tipos de usuarios.

<sup>20</sup> Según la norma mexicana como elemento de referencia, y siendo la NOM-007-ENER2004 la norma vigente al momento de realizarse los estudios de Corpoema para la UPME. Sin embargo, se debe tener en cuenta que existe una norma más reciente (NOM-007-ENER2014), en la cual se utiliza un valor de 15 W/m<sup>2</sup> para locales comerciales en vez de 20 W/m<sup>2</sup>.

<sup>21</sup> Unidades enfriadoras con líquido.

<sup>22</sup> El consumo de subsistencia se define como la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer las necesidades básicas, mismas que sólo pueden satisfacerse mediante esta forma de energía final.

**Tabla 1 - Consumo mensual de energía por usuario según estrato y sector (2009).**

Usuario	Consumo (kWh/mes)
Estrato 1	193
Estrato 2	205
Estrato 3	225
Estrato 4	410
Estrato 5	483
Estrato 6	752
Comercial	
Ventas	1.500
Alimentos	1.800
Industrial	
Hotel Clase Alta	150.000
Hotel Clase Media	40.000
Hotel Clase Baja	9.000
Oficial	4.119

Fuente: (Botero, 2015)

La Ley de Servicios Públicos Domiciliarios (Ley 142 de 1994), estableció que los consumidores residenciales de estratos 1, 2 y 3<sup>23</sup> en Colombia serían subsidiados en el costo del servicio de la siguiente manera: hasta el 50% al estrato 1, hasta el 40% al estrato 2, y hasta el 15% del costo al estrato 3. El estrato 4 no tiene subsidio, y los estratos 5 y 6 pagan una contribución destinada a cubrir los subsidios. Los subsidios a la demanda son financiados a través del Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingresos (FSSRI).

El subsidio sólo es aplicado hasta el consumo de subsistencia de los usuarios, el

cual está determinado por su ubicación con respecto al nivel del mar. De acuerdo con lo anterior, el porcentaje de subsidio se aplica hasta el consumo de subsistencia, definido en 173 kWh<sup>24</sup> para alturas inferiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar, y de 130 kWh para alturas superiores; después de este nivel de consumo, la facturación se aplica de forma plena.

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, sin embargo, cuenta con un tratamiento diferencial en cuanto a su consumo de subsistencia (fijado en 187 kWh/mes según la Resolución UPME 018 de 2013) y al límite para aplicación de subsidios (fijado en 800 kWh/mes según la Resolución 18 1480 de 2012). El consumo de subsistencia para el Archipiélago está fijado en 14kWh/mes, es decir, por encima del valor tope para el resto del territorio nacional, reconociendo así las condiciones propias del territorio insular, así como la existencia de un requerimiento ligeramente superior de energía eléctrica con respecto a la base comúnmente aceptada para condiciones de vida en el continente.

Para el Archipiélago, y según la Resolución 18 1480 de 2012, el límite para el consumo de subsistencia se considera vigente hasta que no estén concluidos los resultados del Piloto de Eficiencia Energética en el Archipiélago, esperados originalmente para 2012. Si bien los resultados de los estudios de la UPME entre 2010 y 2012 caracterizaron los consumos y establecieron un valor límite para el consumo de subsistencia, el límite de consumo para la asignación de subsidios no ha sido modificado.

<sup>23</sup> En el numeral 1.8 de la Ley se explican los criterios de estratificación.

<sup>24</sup> Definición de límites según Resolución 355 DE 2004.



A partir de los datos de la Tabla 1 se observa el impacto que estas políticas tienen en los niveles de consumo de energía eléctrica en el Archipiélago, los cuales están por encima del consumo de subsistencia de 187 kWh/mes, y ligeramente por debajo del límite subsidiable de 800 kWh/mes. Los consumos promedio en el resto del territorio colombiano, en contraste, se sitúan alrededor de los 200 kWh/mes, con promedios máximos de consumo alrededor de los 350 kWh/mes para el estrato 6.<sup>25</sup> Se considera que los consumidores tienen una disposición a pagar por una cantidad de energía mayor que la definida para el consumo de subsistencia, sin embargo, al existir subsidios por encima de este límite, los usuarios cuentan con un incentivo para incrementar su consumo muy por encima de niveles normales o eficientes.

Se estima que el Archipiélago ha recibido más de 100 millones de dólares por subsidios que el FSSRI ha distribuido en los últimos cuatro años para las ZNI, lo que representa más del 40% de los subsidios repartidos por el Fondo para las más de 1.000 localidades de ZNI que hay en Colombia.

## 4.3 Otras consideraciones sobre el servicio eléctrico en el Archipiélago

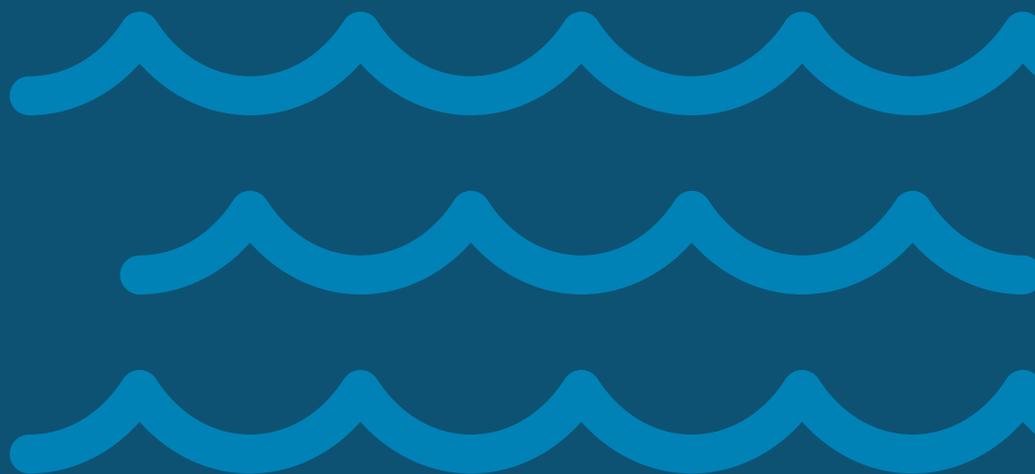
El Archipiélago tradicionalmente ha contado con un alto nivel de pérdidas en su servicio de distribución eléctrica. En 2010, las pérdidas del sistema de distribución se estimaban en 24%, por lo que la reducción de éstas constituye una de las principales labores del operador del servicio de energía eléctrica, a quien sólo se le reconoce hasta un 12% de pérdidas. Cualquier valor por encima del 12% debe ser asumido por la empresa. Esta situación, sumada a los altos consumos, se traduce en un requerimiento mayor de generación eléctrica, lo cual representa gastos adicionales tanto para el operador como para el gobierno por cuenta de mayores subsidios. Adicionalmente, lo anterior va en detrimento de la sostenibilidad energética de la isla, ya que toda la generación es abastecida con combustible diésel.

<sup>25</sup> Cálculos realizados con base en el procesamiento de la información del Sistema Único de Información (SUI, 2015) para el año 2013.



**5.**

## **Hacia una Sostenibilidad Eléctrica en el Archipiélago**



Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional acelerado en las últimas décadas; la tasa anual compuesta promedio del 4,2% entre 1951 y 2014 ( en comparación con la tasa de crecimiento promedio del 0,6% anual entre 1870 y 1951); la separación geográfica con el territorio continental, así como la limitación inherente de la extensión terrestre del Archipiélago, los recursos aprovechables y la sostenibilidad ambiental, económica y financiera resultan ser aspectos fundamentales para el desarrollo del Archipiélago.

En materia energética, el Archipiélago cuenta con un importante reto de sostenibilidad debido a factores como los siguientes: los altos costos del servicio de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles; las emisiones de GEI producto de esta generación; el crecimiento poblacional y comercial en San Andrés; el aumento en la demanda energética; las características de los electrodomésticos (antigüedad, ineficiencia, y el uso inadecuado); la falta de incentivos para un consumo eficiente de energía debido a los subsidios existentes.

Se estima que los cerca de 12 millones de galones anuales de diésel que son requeridos para operar las unidades de generación eléctrica producen más de 134.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>26</sup> Es de esperar que debido al crecimiento poblacional y comercial de la isla, la demanda por energía aumenta y, en consecuencia, aumenten las emisiones de GEI.

En materia de subsidios a la generación y consumo según la regulación vigente<sup>27</sup> para la determinación del costo de prestación del servicio en localidades de departamentos no conectados al SIN, como es el caso de San Andrés, se tomará como

referencia la tarifa aplicable en la capital del departamento del SIN con un punto cercano de conexión a 115 kV. En el caso de San Andrés, la capital de departamento con la conexión al SIN más cercana es Cartagena, la cual se encuentra a 715 km de distancia. En este sentido, el diferencial en costos de prestación del servicio (incluyendo el de generación eléctrica, el costo del combustible y los costos de transporte del combustible al Archipiélago) debe ser subsidiado con cargo al presupuesto general de la nación.<sup>28</sup> Adicionalmente, dado que el Archipiélago está situado en un área de servicio exclusivo, cuenta con una fórmula específica<sup>29</sup> para la determinación de los subsidios en su territorio. La fórmula establece el nivel de subsidios tanto para usuarios residenciales como no residenciales, que es básicamente la diferencia entre el costo de prestación del servicio en el Archipiélago y el valor del servicio en el continente según el estrato o sector comparable. Es precisamente por ello que se puede afirmar que todos los usuarios reciben subsidio, no sólo los residenciales.

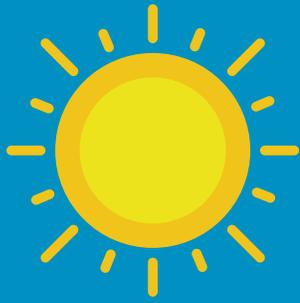
A la luz de estos desafíos, el GdC ha decidido dar prioridad a la implementación de medidas de GED, que se traducirán en la reducción en el consumo de electricidad con base en diésel, y que, al mismo tiempo, representarán un ahorro tanto para usuarios como para el gobierno, contribuyendo así a reducir emisiones de GEI. A su vez, estos beneficios se complementarán con la utilización de fuentes de energía más limpias y menos costosas para la generación. En la siguiente sección se profundiza sobre el potencial del Archipiélago en materia de sostenibilidad, con énfasis en medidas EE y fuentes de energía más limpias que incluyen las FNCER.

<sup>26</sup> Se considera un factor de 0,67 Kg CO<sub>2</sub>/kWh y una generación promedio de 200 GWh - año. El valor de emisiones puede ser mayor si se considera la metodología del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) que asume factor calorífico = 2111.55 TJ y factor de emisión del diésel = 74100 kg CO<sub>2</sub>e/TJ.

<sup>27</sup> Resolución 182138 de 2007.

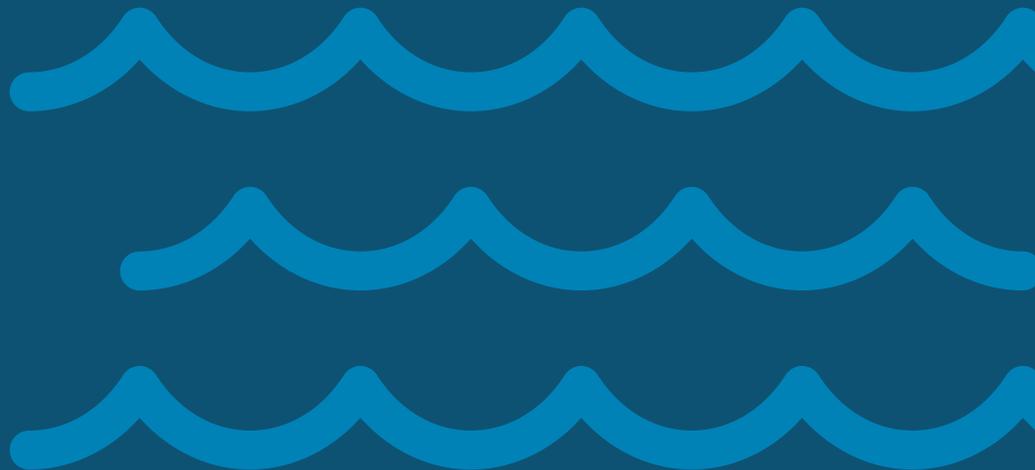
<sup>28</sup> Esto considerando que cuando el FSSRI es deficitario, los subsidios deben ser cargados al presupuesto general de la nación.

<sup>29</sup> Resolución 180196 de 2011.



**6.**

**Potencial y contribución de la  
Gestión Eficiente de la demanda  
y las FNCER para el Desarrollo  
Sostenible del Archipiélago**



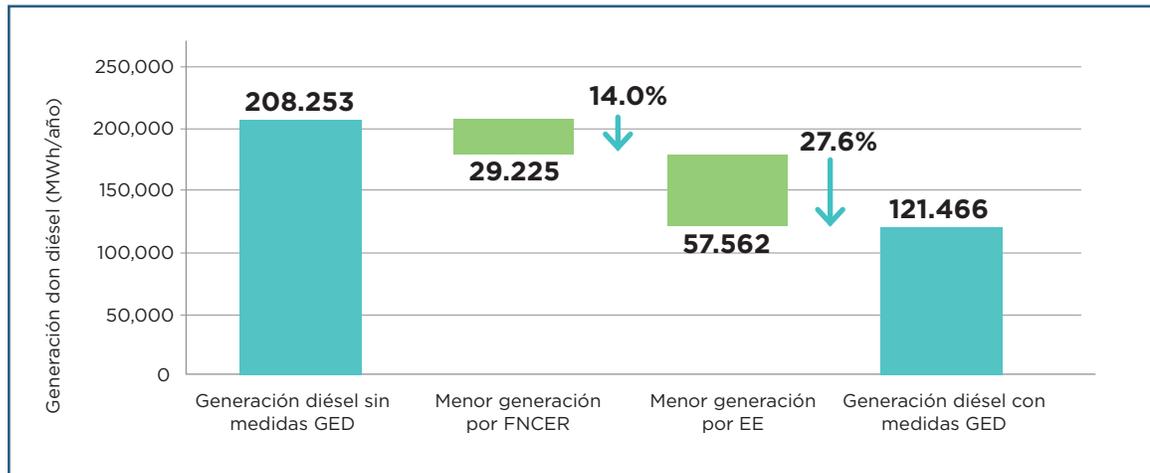
Teniendo en cuenta las condiciones y características presentadas en los numerales anteriores, así como las opciones de política descritas, se presentan una serie de medidas para el logro de una GED en el Archipiélago. Estas medidas incluyen la necesidad de estructurar mecanismos técnicos, financieros, ambientales y sociales que conduzcan a una focalización de acciones en busca de un uso sostenible de los recursos eléctricos en el Archipiélago. Por el lado de la demanda, estas medidas podrán incluir el reemplazo de equipos de refrigeración, aire acondicionado

e iluminación por modelos tecnológicamente más nuevo; mientras que, por el lado de la oferta, se ofrecerán alternativas de autogeneración con base en fuentes de energía renovable. Estas medidas, sin embargo, sólo podrán ser efectivas y generar el impacto real que se requiere sólo si son acompañadas por actividades de concientización y capacitación socioculturalmente apropiadas que involucren a los habitantes, grupos étnicos y sectores productivos del Archipiélago.

Desde una perspectiva energética y ambiental, las FNCER y las medidas

de EE tendrían un impacto significativo para lograr reducir tanto el requerimiento de generación térmica con combustibles fósiles, como las emisiones de GEI en San Andrés. Con base en simulaciones y cálculos de la UPME<sup>30</sup>, las FNCER podrían contribuir a reducir la generación térmica en un 14%; mientras que las medidas de EE podrían contribuir en más de un 27% si se adoptan a gran escala y en todos los sectores de consumo del Archipiélago (Figura 11). La reducción en emisiones GEI se daría en aproximadamente la misma proporción, según se ilustra en la Figura 12.

**Figura 11 - Contribución de FNCER y EE a la reducción de generación eléctrica con diésel.**

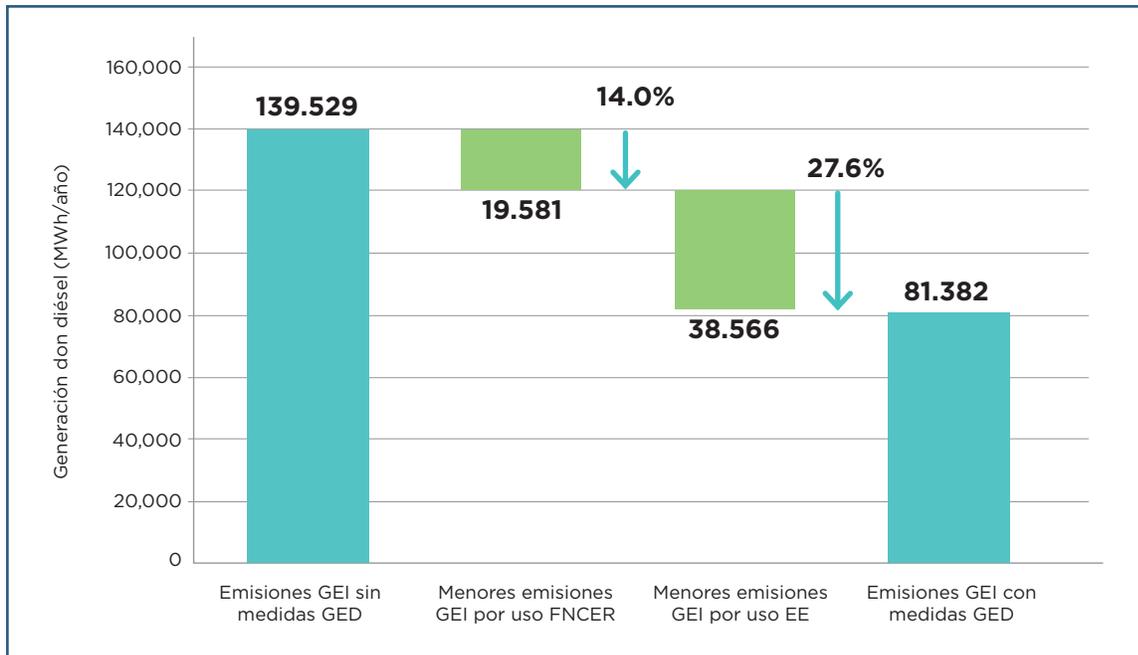


Fuente: elaborado con base en información UPME y cálculos propios.

Nota: considera 12,5 MW de potencia instalada de eólica, 4,6 MW de solar FV y 0,9 MW de RSU.

<sup>30</sup> Simulaciones de la UPME para determinar posibilidades de reconfiguración de la matriz de generación eléctrica (UPME, 2015). Reducción en emisiones según cálculos propios.

**Figura 12 - Contribución de FNCER y EE a la reducción de emisiones de CO<sup>2</sup>**



**Fuente: elaborado con base en información UPME y cálculos propios**

**Nota 1: Se considera un factor de emisiones de 0,67 Ton CO<sub>2</sub>/MWh generado**

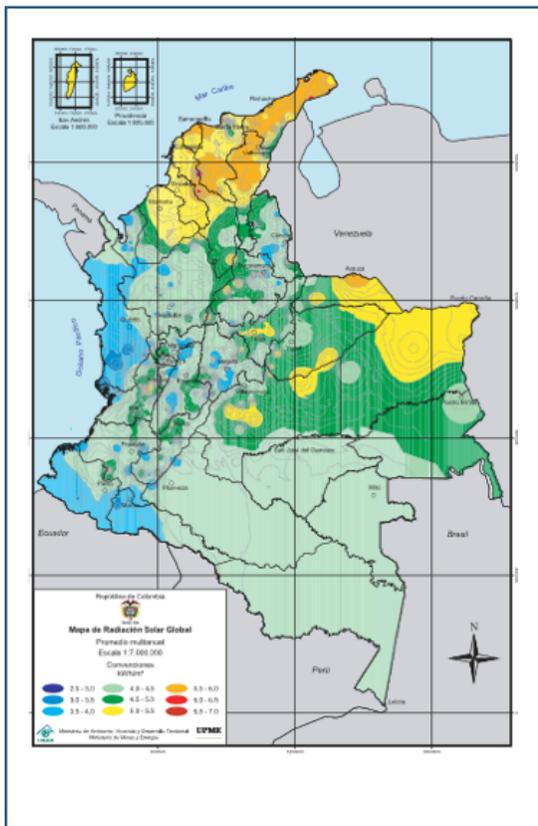
**Nota 2: Se considera un factor de pérdidas del sistema del 15%**

A continuación se detallan los ejercicios de simulación de la UPME y el potencial general de las medidas de FNCER y EE. A su vez, se ilustra la importancia de tomar medidas transversales que soportan la implementación de FNCER y EE, junto con la necesidad de contar con un adecuado acompañamiento y apoyo local que permitan una correcta asimilación y continuidad de las medidas.

## 6.1 Visión y potencial de FNCER

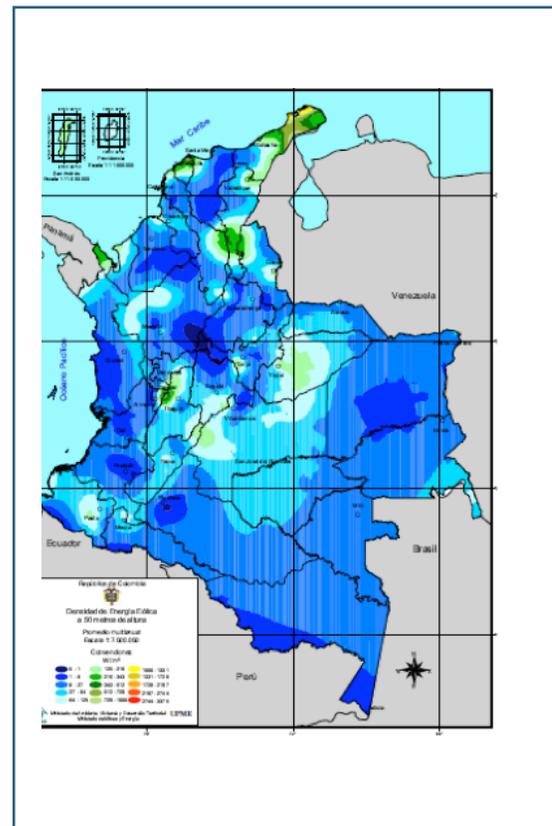
La incorporación de FNCER en el Archipiélago se puede dividir en tres tecnologías principales y con alto potencial: 1) eólica, 2) solar fotovoltaica y 3) aprovechamiento de RSU para generación eléctrica.

**Figura 13 - Mapa de radiación solar Colombia.**



Fuente: (UPME, 2005)

**Figura 14 - Mapa de densidad de energía eólica a 50 metros.**



Fuente: (UPME, 2006)

En primer lugar, la generación eólica posee un potencial gracias a las características costeras de la región. En la Figura 14 se observa una densidad de energía eólica de entre 125 y 216 W/m<sup>2</sup>, por encima del promedio nacional. Considerando el potencial existente, y de acuerdo con los compromisos pactados en el contrato para la operación en el área de servicio exclusivo<sup>31</sup>, el operador debe construir un parque de generación eólica de 7,5 MW, lo cual contribuirá a diversificar la matriz de generación con fuentes de energía renovable. Como resultado, esto reducirá la necesidad del consumo de generación de diésel y, por consiguiente, los subsidios por parte del estado.

<sup>31</sup> Contrato de Concesión 67 del 27 de noviembre de 2009 celebrado entre la Nación - Ministerio de Minas y Energía y SO-PESA para la prestación del servicio de energía eléctrica en el área de servicio exclusivo durante 20 años (2029).

En diciembre de 2015, seis años después de haber iniciado el contrato de operación en el área de servicio exclusivo, no se había iniciado aún la construcción del parque eólico<sup>32</sup>. Sin embargo, actualmente se están complementando los estudios existentes con el fin de conocer la ubicación más apropiada desde el punto de vista técnico y socio-ambiental. La UPME ha identificado que, de acuerdo con las características de San Andrés, es posible aumentar la generación eólica hasta 12,5 MW, con un requerimiento total de 300 hectáreas. Esto permitiría generar más de 17 GWh-año (considerando la demanda estimada de 2016) y tendría un impacto del 8,5% en el requerimiento de generación térmica, es decir, una reducción adicional del 3,4% en comparación con el requerimiento contractual de instalar 7,5 MW.

La segunda alternativa consiste en la introducción de generación distribuida con paneles solares fotovoltaicos. El potencial se ilustra en la Figura 13, en donde el Archipiélago, al igual que la mayoría de zonas en la costa Caribe colombiana, posee niveles de radiación altos con posibilidad de generación

entre 5,0 y 5,5 kWh/m<sup>2</sup>.

La UPME, en su estudio “Promoción a la integración de las energías renovables no convencionales en Colombia” (2015), analizó, desde un punto de vista técnico del sistema eléctrico en San Andrés, las posibilidades para diversificar la matriz con distintas fuentes. En el estudio se resalta que es posible incorporar por lo menos 4,6 MW. El análisis considera las áreas aproximadas de los tejados de los sectores residencial, comercial e industrial, asignando cerca de 3 MW al sector residencial, y el resto a los otros dos sectores. En materia energética, esta capacidad instalada permitiría generar aproximadamente 8 GWh-año (considerando la demanda de 2016), lo que representa un 3,9% del total de la energía generada en San Andrés.

La tecnología solar fotovoltaica para generación distribuida en baja tensión, representa ventajas sobre la alternativa eólica en cuanto a que puede ser instalada con mayor facilidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el costo de la tecnología puede representar una barrera para la instalación en el sector residencial, que

como ya se ha presentado en la sección 4.2 sobre Consumo eléctrico, está caracterizado por usuarios de estratos 1 y 2. Los análisis del BID desarrollados en Botero (2015), indican que un mejor aprovechamiento, considerando factores económicos, resultaría de la instalación de los paneles solares en sectores productivos (industrial y comercial). Dichos sectores no sólo representan dos tercios de los consumos energéticos de la isla, concentrados en un número reducido de usuarios, sino que poseen capacidad de pago para lograr una apropiación tecnológica adecuada.

El análisis técnico de la UPME no considera el tema de intermitencia de las FNCER en la red, ni tampoco el uso de baterías para la generación distribuida. Adicionalmente, y considerando el contrato de concesión actual, la capacidad de generación instalada por los diferentes sectores (residencial, comercial, industrial y oficial), solo podría utilizarse para autogeneración. Por ende, la generación solar distribuida sólo estaría concebida para el autoconsumo de los usuarios, sin posibilidad de entrega de excedentes a la red.

<sup>32</sup> El contrato en la cláusula 9.3.6 establecía que el parque de generación eólica debía entrar en operación en julio de 2012.

Sin embargo, en la eventualidad que se decida avanzar con la masificación del autoconsumo con base en energía solar, es necesario desarrollar un marco regulatorio apropiado que permita a los usuarios acceder a una medición neta, y así aumentar los beneficios de su participación en el programa.

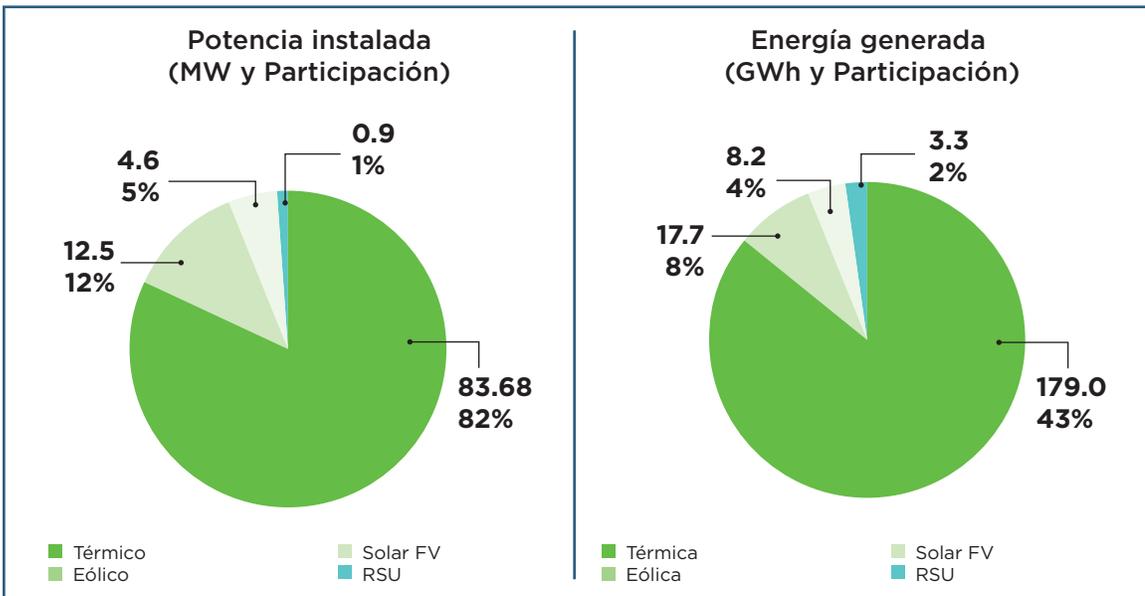
La planta de RSU, con 0,9 MW de capacidad instalada y que constituye la tercera alternativa para el aprovechamiento de FNCE, ya se encuentra construida y en espera a entrar en funcionamiento. Desde una perspectiva general de sostenibilidad, también se espera que la planta RSU no sólo permita inyectar cerca de 4 GWh-año de electricidad al sistema, sino que contribuya a la eliminación de basuras y residuos provenientes del relleno sanitario de San Andrés.



33

Los análisis de la UPME indican que, teniendo en cuenta las tecnologías de FNCE más prometedoras para el Archipiélago, la matriz de generación podría reconfigurarse de la manera que se ilustra en la Figura 15.

**Figura 15 - Propuesta de reconfiguración de matriz energética y generación de energía en San Andrés.**



Fuente: Elaborado con base en (UPME, 2015) – Escenario 2B (Ver Tabla 2 del presente documento)

<sup>33</sup> Imágenes página web Sopesa: <http://www.sopesa.com/proyectos/planta-de-generacion-rsu>

Los análisis del BID<sup>34</sup> y la UPME (UPME, 2015) han identificado otro tipo de acciones que contribuyen a la sostenibilidad en la zona y constituyen combustibles más limpios, como el reemplazo del diésel con gas natural o con GLP. Con estos combustibles y con algunas adecuaciones tecnológicas, es posible alcanzar un nivel de participación de la generación térmica con gas cercano al 80%. Estas alternativas son importantes en cuanto a que el suministro de energía a San Andrés no se puede efectuar en un 100% con fuentes renovables, y deberá existir un porcentaje de fuentes convencionales. Consecuentemente, se debe procurar que esta generación térmica sea lo más limpia posible.

Las Tablas 2 y 3 resumen algunos de los resultados principales de las simulaciones realizadas por la UPME, cuyo objetivo es el de encontrar la mejor mezcla de generación para 2016 y 2020, considerando la tecnología eólica, solar fotovoltaica y de generación térmica con alternativas más limpias de generación (Gas Natural y GLP). Los escenarios óptimos están resaltados en verde.

### Escenarios de simulación UPME para diversificación de la matriz de generación en San Andrés

Entre 2014 y 2015, la UPME realizó un análisis para determinar posibilidades de reconfiguración de la matriz de generación eléctrica considerando el potencial eólico y solar en la zona, así como la entrada en operación de la planta RSU (UPME, 2015). Adicionalmente, se evalúa la posibilidad de sustituir la generación térmica diésel con GNL y GLP. Los análisis se realizaron por medio de la herramienta de simulación HOMER (Hybrid Optimization for Multiple Energy Resources), y teniendo en cuenta cotizaciones de diversos proveedores.

A continuación, se citan los escenarios de análisis trabajados por la UPME. Los resultados son presentados en la Tabla 2 y 3.

**Año 2016:** se consideraron tres escenarios principales, cada uno cobijando la entrada en operación de una alternativa diferente de nueva generación, y partiendo todas del caso base (2014):

- 1. Alternativa 1:** escenario base + instalación de 3 unidades motogeneradoras, operadas con GN, las cuales suman 20 MW, a través de un contrato “take or pay” por 14,4 GWh/mes, con costos mensuales de 623.000 USD sin incluir el combustible.
- 2. Alternativa 2:** escenario base + reconversión de las dos plantas MAN existentes a plantas duales diésel - GN, sumadas a la adquisición de una planta dual adicional de 13,6 MW, para una capacidad dual instalada de 42,4 MW.
- 3. Alternativa 3:** escenario base + instalación de tres turbinas para GLP, de 16,2 MW cada una, para una capacidad instalada de 48,8 MW.

Adicionalmente, para cada una de estas tres alternativas se consideraron dos posibles casos de participación de FNCER a 2016, que fueron:

<sup>34</sup> La introducción de GN y GLP a San Andrés es estudiada en detalle en (Ramírez, 2014) y (Ramírez, GLP como alternativa en San Andrés y Providencia, 2014).

**a) Caso A:** caso contractual (según contrato de SOPESA) en el que se asumen como operativas, a partir de 2016, una capacidad instalada de 0,9 MW correspondiente a la planta de RSU más 7,5 MW de energía eólica.

**b) Caso B:** caso contractual (caso A) + una capacidad adicional de 5.0 MW de energía eólica y 4,6 MW de energía solar, dando por resultado capacidades totales en FNCER de 0,9 MW, correspondientes a la planta de RSU, 12,5 MW eólicos y 4,6 MW solares.

**Año 2020:** partiendo de las mismas tres alternativas consideradas en los escenarios 2016 conjugadas con el caso B, se buscó maximizar la penetración de FNCER sin producir excedentes representativos de energía que significaran inversiones adicionales en almacenamiento. De igual manera, se buscó reducir, o cuando menos evitar incrementos notables sobre el costo nivelado de energía (en adelante referido como LCOE por sus iniciales en inglés), lo cual daría como resultado la instalación de 7,5 MW y 2 MW adicionales en energía eólica y solar respectivamente, dando lugar a capacidades totales en FNCER de 0,9 MW correspondientes a la planta de RSU, 20 MW de energía eólica y 6,6 MW de energía solar.

Es importante tener en cuenta que los análisis cuentan con diversos supuestos que se detallan en el documento de la UPME, entre los que se encuentra una tasa de cambio de 1.900 COP por USD, la cual se ha incrementado de manera significativa durante el último año.

Para efecto del presente caso de estudio, se han tomado como referencia los escenarios de 2016 y no los de 2020, considerando la mayor factibilidad de los primeros. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, que el escenario 2020 de FNCER maximizadas puede tener varias limitaciones, dado que los tejados actuales sólo dan para instalar aproximadamente 4,0 MW, y el escenario máximo contempla 6,6 MW; esto implicaría la instalación de paneles en otras zonas y no sólo en tejados.

La sustitución de generación energética a base de diésel por combustibles menos contaminantes está contemplada en la Ley 1715 de 2014, que establece en su capítulo VI (“Del desarrollo y promoción de FNCE y la gestión eficiente de la energía en las ZNI”) que el GLP recibirá el subsidio que determine el Ministerio de Minas y Energía en el momento en que generar combustible sea más eficiente con éste, en comparación con el diésel. Debido al elevado costo de generación energética con diésel, las expectativas para poder generar energía a partir de combustibles con un menor nivel de subsidio son en verdad muy altas. Por otro lado, los subsidios menores por concepto de sustitución de combustibles para generación térmica en las ZNI están sujetos a la reglamentación de la Ley 1715.

Finalmente, se destaca que los beneficios energéticos y económicos de las FNCER durante su operación pueden verse opacados debido a los elevados costos de inversión que suelen tener estas tecnologías. Es por esta razón que, desde un punto de vista económico, las medidas de EE que corresponden a la generación de energía evitada (tanto de fuentes convencionales como de fuentes no convencionales) suelen resultar más atractivas. Por otro lado, el hecho de que se pueden implementar a una fracción del costo de las tecnologías de generación es también relevante.

Tabla 2 – Escenarios 2016: matriz de generación de energía eléctrica en SAI

Tipo de generación	Escenario Base (2016)		Escenario 1A		Escenario 1B		Escenario 2A		Escenario 2B		Escenario 3A		Escenario 3B	
	Generación (MWh)	Part. %	GN + FNCER Contractual	Part. %	GN + FNCER Plus	Part. %	Duales GN + FNCER Contractual	Part. %	Duales GN + FNCER Plus	Part. %	GLP + FNCER Contractual	Part. %	GLP + FNCER Plus	Part. %
Diésel	208.253	100,0%	29.073	14,0%	21.782	10,5%	31.654	15,2%	29.169	14,0%	2.500	1,2%	2.807	1,3%
Gas Natural (GN)	0	0,0%	163.380	78,4%	156.167	75,0%	162.632	78,1%	149.835	72,0%	0	0,0%	0	0,0%
GLP	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	191.204	91,8%	175.411	84,2%
RSU	0	0,0%	5.205	2,5%	4.436	2,1%	3.326	1,6%	3.340	1,6%	3.938	1,9%	4.159	2,0%
Eólica	0	0,0%	10.615	5,1%	17.692	8,5%	10.615	5,1%	17.692	8,5%	10.615	5,1%	17.692	8,5%
Solar	0	0,0%	0	0,0%	8.193	3,9%	0	0,0%	8.193	3,9%	0	0,0%	8.193	3,9%
<b>Total Generación (MWh)</b>	<b>208.253</b>	<b>100%</b>	<b>208.272</b>	<b>100%</b>	<b>208.270</b>	<b>100%</b>	<b>208.227</b>	<b>100%</b>	<b>208.229</b>	<b>100%</b>	<b>208.257</b>	<b>100%</b>	<b>208.262</b>	<b>100%</b>
<b>Total Generación FNCER*</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>15.820</b>	<b>7,6%</b>	<b>30.321</b>	<b>14,6%</b>	<b>13.941</b>	<b>6,7%</b>	<b>29.225</b>	<b>14,0%</b>	<b>14.553</b>	<b>7,0%</b>	<b>30.044</b>	<b>14,4%</b>
Emissiones anuales de CO <sub>2</sub> evitadas al usar FNCER* 2016 (Ton CO <sub>2</sub> )	0		10.599		20.315		9.340		19.581		9.750		20.130	
Costo nivelado de la alternativa (USD/ kWh)	0,372		0,246		0,241		0,205		0,208		0,241		0,242	

\*RSU, Solar, Eólica | Fuente: Tabla elaborada con base en información UPME (UPME, 2015)

Tabla 3 – Escenarios 2020: matriz de generación de energía eléctrica en SAI con FNCER maximizadas

Tipo de generación	Generación Diesel		GN + FNCER Max		Duales GN + FNCER Max		GLP + FNCER Max	
	Generación (MWh)	Part. %	Generación (MWh)	Part. %	Generación (MWh)	Part. %	Generación (MWh)	Part. %
Diésel	220.043	100,0%	24.880	11,3%	28.273	12,8%	1.680	0,8%
Gas Natural (GN)	0	0,0%	150.318	68,3%	148.351	67,4%	0	0,0%
GLP	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	174.860	79,5%
RSU	0	0,0%	4.765	2,2%	3.343	1,5%	3.471	1,6%
Eólica	0	0,0%	28.307	12,9%	28.307	12,9%	28.307	12,9%
Solar	0	0,0%	11.756	5,3%	11.756	5,3%	11.756	5,3%
<b>Total Generación (MWh)</b>	<b>220.043</b>	<b>100%</b>	<b>220.026</b>	<b>100%</b>	<b>220.030</b>	<b>100%</b>	<b>220.074</b>	<b>100%</b>
<b>Total Generación FNCER*</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>44.828</b>	<b>20,4%</b>	<b>43.405</b>	<b>19,7%</b>	<b>43.534</b>	<b>19,8%</b>
Emissiones anuales de CO <sup>2</sup> evitadas al usar FNCER* 2020 (Ton CO <sup>2</sup> )	0		30.035		29.082		29.168	
Costo nivelado de la alternativa (USD/ kWh)	0,372		0,245		0,210		0,237	

\*RSU, Solar, Eólica | Fuente: Tabla elaborada con base en información UPME (UPME, 2015)

## 6.2 Visión y potencial de eficiencia energética

El tipo de medidas de EE y su potencial general fueron identificados por la UPME en sus estudios de 2010 y 2012.<sup>35</sup> Se calcula que dadas las condiciones de consumo y las tecnologías utilizadas por los diferentes sectores, es posible alcanzar hasta un 55% de ahorros dependiendo del tipo de intervenciones que se adelanten:

- Entre un 5% y un 15% por buenas prácticas: estas acciones no representan recambio tecnológico y corresponden fundamentalmente a la concientización de la comunidad con relación al buen uso de los dispositivos que ya tienen (principalmente de refrigeración y aire acondicionado).
- Entre 10% y 25% adicional por reconversión tecnológica: contempla la reconversión de aires acondicionados, neveras y luminarias por dispositivos más eficientes.
- Hasta un 15% adicional por adecuaciones arquitectónicas: considera la adecuación de fachadas, instalación de aislamientos y cambio de ventanería para optimizar la circulación del aire y reducir la acumulación de concentración solar al interior de las estructuras. Estas medidas pueden desplazar el uso de aires acondicionados o simplemente mejorar la comodidad de los usuarios.

Las alternativas anteriormente presentadas van de menor a mayor costo de inversión, y su porcentaje de efectividad puede variar en cada caso. Adicionalmente, al interior de cada uno de los sectores, las medidas de EE estarían enfocadas a la ejecución de acciones diferenciadas según las características del usuario y su nivel de consumo. Algunas de las medidas generales identificadas para cada sector incluyen:

- Sector residencial: recambio de equipos de refrigeración y de aire acondicionado junto con luminarias de alto consumo energético (bombillas incandescentes)
- Sector comercial: cambio a luminarias eficientes
- Sector industrial/hotelero: introducción de unidades mini-split y recambio de botelleros y neveras por equipos más eficientes

Se calcula que de implementarse medidas de EE a gran escala en el Archipiélago y abarcando a todos los sectores, es posible reducir la demanda en más de 48 GWh- año. Los ahorros fiscales para el gobierno por concepto de menores subsidios al consumo podrían ser de más de 17.000 millones de pesos al año. Se debe reiterar que este potencial de beneficios considera un despliegue de medidas de EE a gran escala en el Archipiélago, y no considera la priorización de medidas o restricciones presupuestales para poner en marcha diferentes tipos de inversiones.

<sup>35</sup> Informes de caracterización y auditorías energéticas realizadas por Corpoema para la UPME en 2010 y 2012.

**Tabla 4 – Potencial por implementación de medidas de EE a gran escala en San Andrés.**

Sector	Consumo (MWh/año)	Participación en consumo (%)	Ahorro potencial por medidas (%)	Ahorro estimado en consumo (MWh/Año)	Nuevo consumo con ahorro estimado (MWh/Año)	Ahorro estimado en generación eléctrica (MWh/Año)	Reducción de CO <sup>2</sup> por menor generación con diésel (Ton CO <sup>2</sup> )
Residencial	62.220	34,0%	39,8%	24.735	37.485	29.100	19.497
Comercial	61.488	33,6%	20,0%	12.298	49.190	14.468	9.693
Hotelero	44.835	24,5%	20,0%	8.967	35.868	10.549	7.068
Público	14.640	8,0%	20,0%	2.928	11.712	3.445	2.308
Total	183.000		26,7%	48.928	134.255	57.562	38.566

Fuente: elaborado con base en información UPME (2015) y cálculos propios.

Nota 1: Se considera un factor de emisiones de 0,67 Ton CO<sup>2</sup>/MWh generado de acuerdo con Botero (2015). Nota 2: Se considera un factor de pérdidas del sistema del 15%

## 6.3 Medidas transversales y de soporte a la gestión eficiente de la demanda

Como se presenta en la sección 4.3, la reducción de pérdidas eléctricas<sup>36</sup> constituye uno de los principales objetivos del operador de red del área de servicio exclusivo del Archipiélago. Con el fin de alcanzar este objetivo, el operador contrató en 2013 a una empresa que ejecutó un programa de mejoras en las redes de distribución, el cual consistía en la instalación de un sistema de medición inteligente que permite tener acceso en tiempo real a 14 variables de medición de los usuarios. El sistema está constituido por contadores inteligentes ubicados en los postes de luz de donde se derivan las acometidas eléctricas, los cuales permiten obtener información en tiempo real sobre consumos y potencia de los transformadores e identifican puntos de pérdida en la red. Los medidores cuentan con un puerto Ethernet con comunicación WLAN, lo que permite comunicación directa con un centro de control. Se espera que una vez finalizado el proyecto se cuente con más de 18.000 medidores instalados (Taboada, Andrés; 2014). San Andrés podría convertirse en el primer sistema de distribución en Colombia, en donde la totalidad de sus usuarios estarían monitoreados a través de sistemas de medición centralizada. En la página web de Sopesa (<http://www.sopesa.com/proyectos/proyecto-beci>) puede consultarse mayor información acerca de las especificaciones de los equipos de medición avanzada y protocolos de comunicación utilizados.

Aunque el propósito es la reducción de pérdidas, la instalación de medición inteligente en el Archipiélago es de total relevancia en el marco de la GED, dado que constituye una herramienta fundamental para el seguimiento y control de cualquier iniciativa.

<sup>36</sup> La reducción de pérdidas también tiene como efecto la reducción del requerimiento de generación de energía, disminuyendo en consecuencia el consumo de diésel y de emisiones de GEI. Estos efectos por reducción de pérdidas no han sido incorporados en el presente análisis.

Entre otras ventajas, los medidores permiten identificar a los usuarios con mayores consumos, establecer una línea base de su consumo previo a la implementación de cualquier medida y, posteriormente, hacer monitoreo y análisis durante la implementación de las medidas de EE.

En este sentido, la implementación de un programa de GED en el Archipiélago encontraría una ventaja de control por encima de cualquier otra locación sin este tipo de tecnologías. De igual forma, esto podría sumarse al potencial de sostenibilidad que tiene el Archipiélago. De manera general, las redes inteligentes son una tendencia creciente a nivel mundial, y cada vez son más necesarias en la medida en que las implementaciones de EE y FNCER aumentan la complejidad y variabilidad de los sistemas eléctricos, haciendo necesario un mayor control y monitoreo.



Los avances en materia de instalación de contadores inteligentes en San Andrés son consistentes con la Cooperación Técnica No Reembolsable CO-T1337: “Análisis, evaluación y recomendaciones para la implementación de una infraestructura de Redes Inteligentes (Smart Grid) en Colombia”, ejecutada por el BID, y que busca identificar las estrategias, estándares y regulaciones más adecuadas y necesarias para desarrollar e implementar, de manera exitosa, tecnologías de redes inteligentes en Colombia.

<sup>37</sup> Imágenes tomadas de Taboada & Andres (2014), y de Ingenierías Aliadas (2014), catálogos del Grupo Unión para sistemas de medición avanzada implementados en San Andrés (Medidor monofásico y medidor trifásico).

Los resultados preliminares de este proyecto han identificado a la infraestructura de medición inteligente (AMI) como una de las tecnologías prioritarias que deberán comenzar a ser implementadas a corto plazo en el resto del territorio nacional. Entre los sus principales beneficios de dichas tecnologías se encuentran la reducción de pérdidas no técnicas, contribución al aplanamiento de la curva de carga (mayor conocimiento del usuario), y reducción de los costos de comercialización (gracias a la lectura y operación remota).

Como un impacto transversal positivo de la implementación de medidas de GED se identifica la creación de fuentes de empleo, factor que mejoraría el ingreso y condiciones económicas de los habitantes locales.

## **6.4 Participación y conocimiento local como elemento indispensable para alcanzar el logro de los potenciales**

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es un territorio con diversidad étnica y cultural en donde convergen varios grupos poblacionales. Este es un aspecto crítico y fundamental que debe tenerse en cuenta para poder viabilizar y potencializar de manera efectiva cualquier iniciativa. Aunque, en sentido estricto, las intervenciones de pequeña escala y con bajo impacto (como puede ser la reconversión de equipos eléctricos o la instalación de paneles solares para autogeneración a pequeña escala), no implican procesos de consulta previa<sup>38</sup>. La existencia de zonas con presencia importante de comunidades étnico-territoriales de carácter ancestral, que en este territorio son los raizales y cuya relevancia dentro de la comunidad del Archipiélago es grande, implica que sea prioritario generar una estrategia de comunicación adecuada para que estas comunidades sean partícipes de los programas.

Análisis preliminares del BID<sup>39</sup> indican que los problemas sociales más significativos que pudiesen surgir durante la instalación de equipos de generación de energía con FNCER y del uso racional de equipos nuevos, estarían asociados a los procesos de socialización y educación necesarios tanto para asegurar la aceptación por parte de los habitantes, como para que no se produzcan efectos contrarios a los deseados debido al mal uso de los equipos. Se sabe que existe cierta resistencia por parte de las comunidades raizales en la isla frente a la realización de proyectos dentro del Archipiélago, quienes además son lideradas en su totalidad por entidades ajenas al territorio. Precisamente por esta razón, la inclusión y la participación activa de la comunidad resulta indispensable.

<sup>38</sup> El Decreto 1320 de 1998, reglamenta la consulta previa con comunidades indígenas y negras con relación a proyectos a ser implementados por terceras partes en sus territorios. Es de notar que la realización de proyectos de gran envergadura, como es la instalación de aerogeneradores para generación centralizada, sí requieren de procesos de consulta previa.

<sup>39</sup> Análisis de estudio ambiental y social (Lopez Silva, 2015).

En línea con lo anterior, el GdC, a través de la UPME, ya ha dado los primeros pasos en materia de educación y concientización sobre la importancia del uso racional y eficiente de la energía en ZNI de gran relevancia, como lo son el Archipiélago de San Andrés y los departamentos de Chocó y Amazonas. Para estos departamentos, y a través de la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente (Corpoema), se elaboraron cartillas educativas<sup>40</sup> enfocadas a los sectores residencial, hotelero, comercial, institucional y otros, las cuales podrán ser utilizadas por los docentes

a manera de instructivo de educación en esta materia. Las cartillas tienen como objetivo principal contribuir al diseño de programas de EE, diseñar y aplicar herramientas, instrumentos o estrategias que permitan fomentar el conocimiento, aplicar las medidas recomendadas en temas de EE por parte de los pobladores de los departamentos de San Andrés Islas, Amazonas y Chocó, así como introducir la población docente de tales regiones a la metodología diseñada por la UPME para incorporar las temáticas de URE y FNCE en la educación formal (Corpoema, 2015).



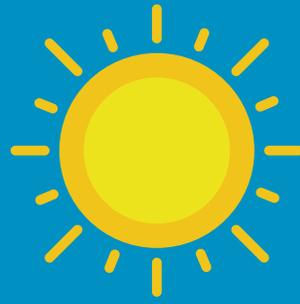
Las cartillas constituyen un primer paso en materia de socialización y educación sobre el tema de EE, sin embargo, se debe dar continuidad a estos esfuerzos y realizar campañas de inclusión y participación ciudadana en la medida que se profundice en la implementación de medidas de EE y FNCE.

## 6.5 Monitoreo y evaluación

La implementación de las medidas antes consideradas debe complementarse con un plan de seguimiento y evaluación que permita medir los resultados en términos concretos de reducción de consumo, de la carga fiscal por subsidios al consumo y a la generación, así como de reducción de GEI. Para ello, se dependerá de un sistema de información confiable de transferencias fiscales, un buen funcionamiento del sistema de redes inteligentes y la medición de las emisiones.

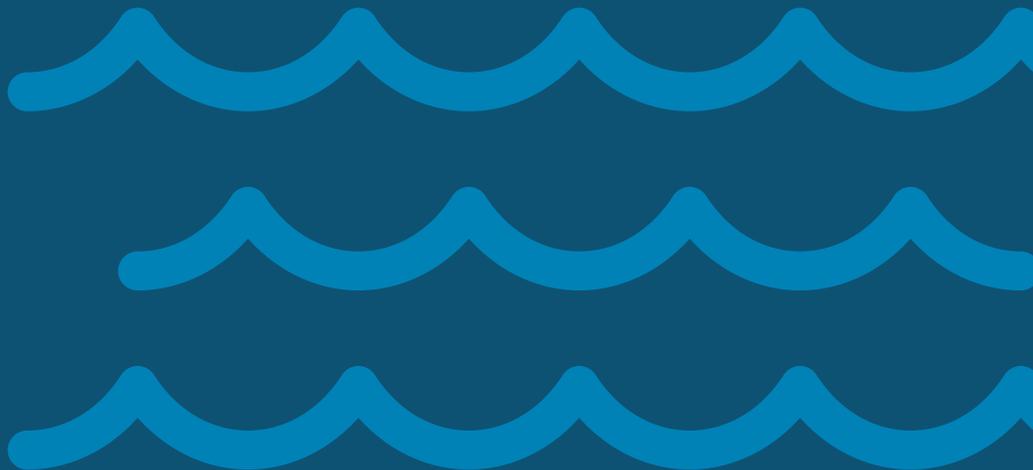
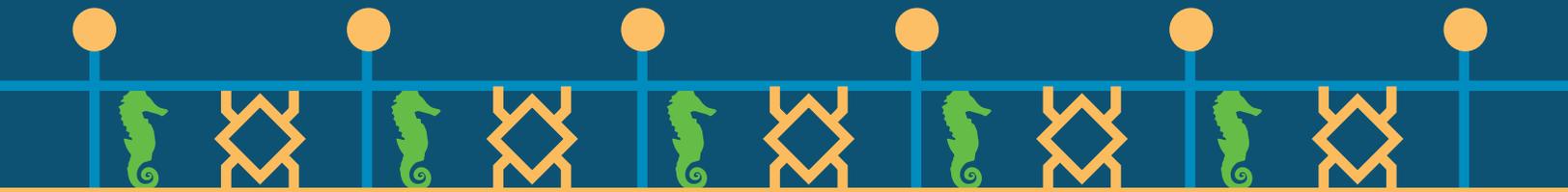
<sup>40</sup> Las cartillas pueden ser consultadas en la página web de Corpoema: <http://www.corpoema.com/web/spip.php?arti-cle135>

<sup>41</sup> Imágenes corresponden a las carátulas.



7.

## Conclusiones



El crecimiento poblacional acelerado en las últimas décadas, la separación geográfica con el territorio continental, la limitación inherente de la extensión terrestre y la de sus recursos energéticos aprovechables, son aspectos fundamentales para el desarrollo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y su sostenibilidad ambiental, económica y financiera.

En materia eléctrica, y con miras a la sostenibilidad, se presentan retos importantes para el Archipiélago: 1) los altos costos del servicio de energía eléctrica, debido al origen de la generación con combustibles fósiles, 2) el problema de las emisiones asociadas a Gases de Efecto Invernadero, 3) el crecimiento poblacional y comercial en el Archipiélago, 4) el continuo aumento en la demanda energética, 5) las características de los aparatos eléctricos: su antigüedad, baja eficiencia, mal uso y ausencia de políticas que incentiven el ahorro y uso eficiente del recurso eléctrico.

En la presente Nota Técnica, titulada “Gestión Eficiente de la Demanda y Las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable”, se describe la situación eléctrica del Archipiélago. Se plantea que la sostenibilidad eléctrica debe enfocarse en una Gestión Eficiente de la Demanda a la par de la utilización de Fuentes no Convencionales de Energía Renovable, las cuales contribuirán tanto a la disminución de las emisiones de GEI, como a la reducción y focalización de la carga fiscal asociada al consumo ineficiente del Archipiélago, y, derivado de esto, habrá un importante beneficio para la población del mismo y el país.

Los factores que se enlistan a continuación, sirven de orientación para dar respuesta a los interrogantes presentados:

- El consumo eléctrico actual no es óptimo:
  - Los equipos eléctricos existentes en el Archipiélago tienden a ser ineficientes y, en muchos casos, están sobredimensionados para satisfacer los requerimientos reales de los usuarios.
  - Teniendo en cuenta la estructura de mercado eléctrico en el Archipiélago, incluida la estructura tarifaria y la financiación del servicio eléctrico, es necesario desarrollar y consolidar programas de promoción de la Gestión Eficiente a la Demanda eléctrica.
  - Existen diversas prácticas ineficientes de consumo de base cultural, como se ha evidenciado en el sector comercial, en donde las puertas de los almacenes permanecen abiertas mientras el aire acondicionado se encuentra encendido.
  - El Archipiélago ha contado tradicionalmente con un alto nivel de pérdidas en su servicio de distribución eléctrica. Esta situación, sumada a los altos consumos, se traduce en un mayor requerimiento de generación eléctrica, que constituye gastos adicionales para el operador y el gobierno por cuenta de la financiación de la tarifa. Adicionalmente, va en detrimento de la sostenibilidad energética de la isla, dado que toda la generación es abastecida con combustible diésel.

- **La matriz energética no es limpia:**
  - La totalidad de la energía eléctrica producida en el Archipiélago es generada con base en combustible diésel.
  - Existen proyectos para avanzar en la diversificación de la matriz eléctrica. Sin embargo, estos proyectos aún no han empezado su proceso de construcción (parque eólico y programas solares), o están pendientes de iniciar operación (planta de RSU).
  - Además de las alternativas de FNCER, existen otras posibilidades como la utilización de gas natural o GLP como combustible de generación, los cuales, a pesar de no ser recursos renovables, sí son combustibles más eficientes en términos de reducción de emisiones de partículas atmosféricas y GEI.

Para dar respuesta a estas particularidades, la GED y las FER (especialmente aquellas de carácter renovable, o la utilización de fuentes más limpias), han sido identificadas como de gran potencial para contribuir a la sostenibilidad energética del Archipiélago, dadas las características de su mercado y su contexto geográfico.

En este sentido, la sustitución de equipos ineficientes permitirá lograr la optimización energética por medio de la reconversión tecnológica, acompañada de la concientización sobre el uso racional de la energía. Y sumado a esto, por razón de la ubicación de la región en la zona del Caribe, será viable el aprovechamiento de los recursos solar y eólico. La implementación de tecnologías de redes inteligentes que se encuentran en marcha en el Archipiélago permiten soportar la implementación de cualquier programa de EE o FNCER, dados los beneficios de medición y monitoreo que garantizan un correcto seguimiento y control.

Se estima que, ya establecidas las condiciones de consumo y las tecnologías utilizadas por los diferentes sectores, es posible alcanzar hasta un 55% de ahorro dependiendo del tipo de intervenciones que se adelanten:

- Entre un 5% y un 15% por buenas prácticas: estas acciones no representan recambio tecnológico y corresponden fundamentalmente a la concientización de la comunidad con relación al buen uso de los dispositivos que ya tienen (principalmente de refrigeración y aire acondicionado).
- Entre 10% y 25% adicional por reconversión tecnológica: contempla la reconversión de aires acondicionados, neveras y luminarias por dispositivos más eficientes.
- Hasta un 15% adicional por adecuaciones arquitectónicas: considera la adecuación de fachadas, instalación de aislamientos y cambio de ventanería para optimizar la circulación del aire y reducir la acumulación de concentración solar al interior de las estructuras. Estas medidas pueden desplazar el uso de aires acondicionados o simplemente mejorar la comodidad de los usuarios.

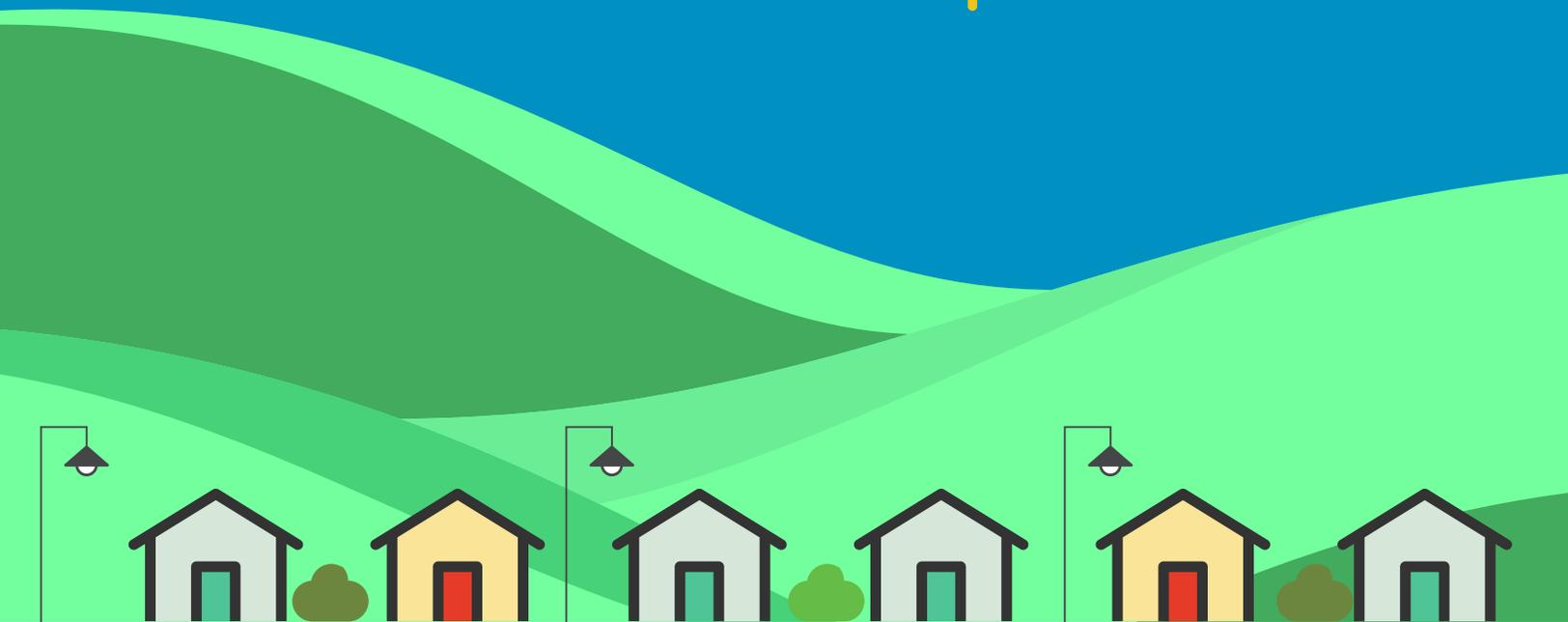
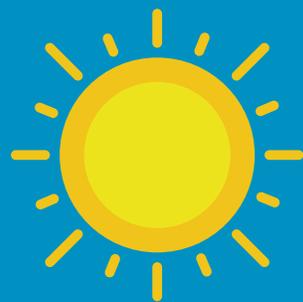
Las alternativas anteriormente presentadas van de menor a mayor costo de inversión y su porcentaje de efectividad puede variar en cada caso. Adicionalmente, al interior de cada uno de los sectores, las medidas de EE estarían enfocadas a la ejecución de acciones diferenciadas según las características del usuario y su nivel de consumo. Algunas de las medidas generales identificadas para cada sector incluyen:

- Sector residencial: recambio de equipos de refrigeración y de aire acondicionado junto con luminarias de alto consumo energético (bombillas incandescentes).
- Sector comercial: cambio a luminarias eficientes.
- Sector industrial/hotelero: introducción de unidades mini-split y recambio de boilers y neveras por equipos más eficientes.

Se calcula que, de implementarse medidas de EE a gran escala en el Archipiélago y abarcando a todos los sectores, es posible reducir la demanda en más de 48 GWh-año.

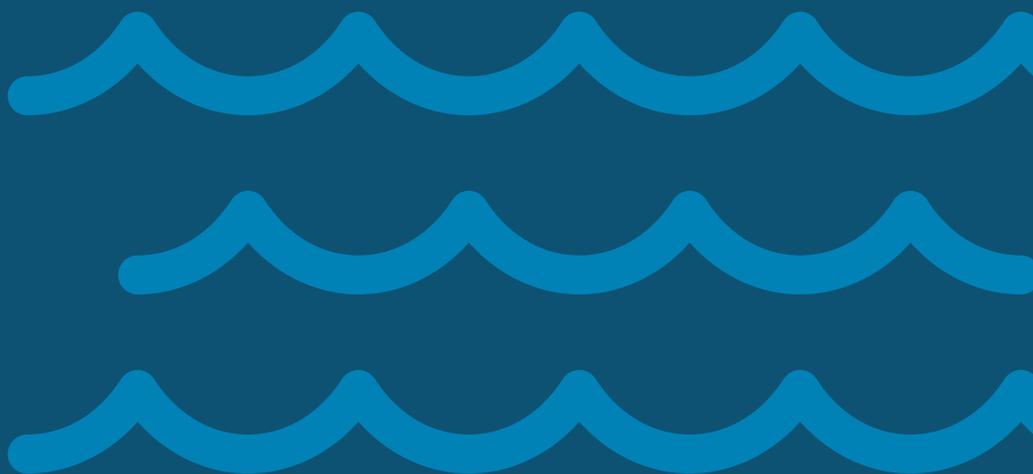
Finalmente, se debe destacar que esta región cuenta con características étnico-culturales y demográficas particulares que deben tenerse en cuenta para la implementación de los cambios propuestos. Por lo tanto, un correcto acompañamiento y participación de la comunidad son indispensables para promover la concientización del valor de las medidas de GED y EE para garantizar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo.

La efectividad de las soluciones planteadas debe examinarse rigurosamente por medio de un plan de monitoreo y evaluación, el cual permitirá medir los avances en las metas establecidas de consumo, gasto fiscal y GEI. De esta forma, se podrán tomar medidas correctivas cuando sea necesario y, en su caso, replicar las aplicaciones que resulten exitosas.



8.

## Bibliografía



ACNUR. (s.f.). *Diagnóstico Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Obtenido de [http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI\\_2186.pdf?view=1](http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI_2186.pdf?view=1)

Banco de la República. (Agosto de 2003). Documento de trabajo sobre economía nacional. *La continentalización de la isla de San Andrés, Colombia: Panyas, raíces y turismo 1953 - 2003*.

BASE - UNEP Collaboration Centre. (Febrero de 2013). Estudio de Mercado EE y ER Hoteles.

BID. (2013). Programa de apoyo al desarrollo sostenible del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. *Propuesta de Préstamos CO-L1125. Colombia*.

Botero, E. (Septiembre de 2015). Análisis de factibilidad técnica y de mercado de un programa de eficiencia energética y energía solar FV en San Andrés Islas. *Documento de trabajo en el marco de la Cooperación Técnica BID CO-1119*.

Corpoema. (Junio de 2010). Determinación del consumo básico de subsistencia en los sectores residencial, comercial y hotelero en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Colombia.

Corpoema. (20 de Noviembre de 2015). *Apoyo a la ejecución de programas piloto de Eficiencia Energética*. Obtenido de <http://www.corpoema.com/web/spip.php?article135>

DANE. (Diciembre de 2014). ICER - Informe de Coyuntura Económica Regional 2013. *Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*.

EIA. (2014a). World Energy Outlook 2014.

EIA. (2014b). Capturing the multiple benefits of energy efficiency. Paris, Francia.

Ganda, F., & Collins, N. (2014). Role of energy efficiency on sustainable development. *Environmental Economics*, 5, 1.

Gobernación de San Andrés. (Abril de 2012). Plan de Desarrollo 2012 -2015. *Para tejer un mundo más humano y seguro*.

Gobernación de San Andrés. (23 de Noviembre de 2015). *Página Web de la Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Obtenido de [http://www.sanandres.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=116&Itemid=138](http://www.sanandres.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=116&Itemid=138)

Ingenierías Aliadas. (2014). Presentación Smart Metering en San Andrés. Proyecto "Buena energía para ciudades sostenibles".

IPCC. (2014). Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. *Resumen para responsables de política*.

Lopez Silva, J. A. (Septiembre de 2015). Programa de Eficiencia Energética en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. *Análisis Ambiental y Social (AAS)*. Bogotá: BID.

Ramirez, J. (Mayo de 2014). Análisis de opciones de suministro de gas natural a San Andrés Isla. (*Estudio BID para el Ministerio de Minas y Energía*).

Ramirez, J. (Diciembre de 2014). GLP como alternativa en San Andrés y Providencia. (*Estudio BID para el Ministerio de Minas y Energía*). Colombia.

SUI. (24 de Noviembre de 2015). *Bodega de datos del Sistema Único de Información*. Obtenido de [http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUI\\_COMERCIAL/VISTA\\_INICIAL\\_ENERGIA%23\\_public](http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUI_COMERCIAL/VISTA_INICIAL_ENERGIA%23_public)

Taboada, Andres;. (2014). Contractual individual para identificar las sinergias entre el programa de redes inteligentes y la plataforma de eficiencia energética en San Andrés. *Documento de trabajo en el marco de la Cooperación Técnica BID CO-T1337*.

UPME. (2005). Mapas de radiación solar global sobre una superficie plana. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Atlas\\_Radiacion.htm](http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm)

UPME. (2006). Densidad de energía eólica a 20 y 50 metros de altura. *Atlas de viento y energía eólica en Colombia*. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Atlas\\_Viento.htm](http://www.upme.gov.co/Atlas_Viento.htm)

UPME. (1 de Julio de 2015). Acciones en eficiencia energética en el archipiélago de San Andrés. *Presentación*. Bogotá.

UPME. (2015). *Promoción a la integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá.

