

Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano

Role of Non-Conventional Energy Sources in the Colombian electricity sector

York Castillo¹, Melisa Castrillón Gutiérrez¹, Marley Vanegas-Chamorro¹,
Guillermo Valencia¹, Eunice Villicaña²

¹Universidad del Atlántico, Gestión Eficiente de la Energía Kaí - marleyvanegas@mail.uniatlantico.edu.co

²Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz-México, energias.renovables@utcv.edu.mx

Recibido 20/11/14, Aceptado 26/12/2014

Cite this article as: Y. Castillo, M. Castrillón, M. Vanegas-Chamorro, G. Valencia, E. Villicaña, "Role of Non-Conventional Energy Sources in the Colombian electricity sector", Prospect, Vol 13, N° 1, 39-51, 2015.

RESUMEN

El presente artículo brinda una breve panorámica geográfica, demográfica, económica y política de Colombia, una reseña de la evolución del sector eléctrico, información sobre emisiones de dióxido de carbono, política energética y estrategias para el desarrollo de energías renovables no convencionales en el país. Se muestra de manera detallada el panorama actual del sector eléctrico en Colombia y de manera complementaria se un análisis prospectivo del rol de las fuentes no convencionales de energía en el país. Se brinda información referente a la producción, consumo y demanda de energía, en cuanto a aspectos ambientales se presentan los indicadores de emisiones de gases de efecto invernadero y finalmente se presentan algunos aspectos de la política energética. Se destaca la alta contribución porcentual de la generación de energía hidráulica en la matriz energética, sin dejar a un lado la generación térmica con distintos energéticos. Finalmente, el artículo presente una revisión de las diferentes estrategias realizadas en el país para posibilitar el desarrollo de las Fuentes no convencionales de energía en Colombia.

Palabras clave: Fuentes no convencionales de energía, Sistema Interconectado Nacional, energía hidráulica, Zonas No Interconectadas, producción de energía.

ABSTRACT

This article provides a brief geographic, demographic, economic and political overview of Colombia, a review of the evolution of the electricity sector, information on carbon dioxide emissions, energy policy and strategies for the development of non-conventional renewable energy in the country. It shows in detail the current situation of the electricity sector in Colombia and in a complementary way a prospective analysis of the role of non-conventional energy sources in the country. Information on production, consumption and demand for energy is provided, in environmental aspects indicators emissions of greenhouse gases are presented and finally some aspects of energy policy are presented. High percentage contribution of hydropower generation in the energy matrix, leaving aside the thermal generation with different energy is highlighted. Finally, this paper reviews the different strategies undertaken in the country to enable the development of non-conventional energy sources in Colombia.

Keywords: Non-conventional energy sources, National Interconnected System, hydraulic energy, Non-Interconnected Areas, energy production.

1. INTRODUCCIÓN

La energía evidentemente es el pilar del desarrollo de los procesos productivos, del progreso social de los países y elemento fundamental del avance tecnológico a nivel mundial. El sector eléctrico es uno de los más influyentes en la industria y en la cotidianidad del ser humano debido a que muchas de las actividades y procesos dependen de éste. Conociendo la gran importancia y la cantidad de aplicaciones de la electricidad, es de interés dar a conocer la situación actual de la generación de energía en Colombia y de las distintas tecnologías empleadas para su producción. En la última década, el Producto Interno Bruto (PIB) colombiano ha sido significativamente influido por el desarrollo e incremento de los servicios públicos nacionales, de forma muy particular por el relativo al sector energético, de tal manera que se ha constituido como uno de los ejes rectores de la economía nacional, misma que está fundamentada en la Ley 1450 promovida por el gobierno federal en 2011 [1] y que expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 cuyo objetivo es fortalecer e incrementar la economía nacional así como la generación de empleo y reducir los índices de pobreza [2]. En este sentido, el aporte por parte del sector energético a la balanza comercial en Colombia ha sido de manera creciente y positiva, sin embargo, el Plan Energético Nacional (PEN) hace una clara mención al recomendar que es necesario diversificar la oferta de energía a través del uso de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) [3], ya que el país reúne una variedad de recursos renovables con potencial para ser transformados en energía útil.

Por otro lado, la reciente aprobación de la Ley 1715 del 13 de mayo del 2014 referente a la regulación de la integración de las energías renovables en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) [4] hace referencia a los mecanismos e incentivos para el impulso de las FNCE lo que favorecerá su desarrollo en el país. Esto, aunado a los múltiples beneficios que aportan estas fuentes, tales como la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), el aprovechamiento de los recursos renovables autóctonos, la generación de empleo, el desarrollo científico y tecnológico, la paulatina reducción de la dependencia de fuentes fósiles y la maximización del desarrollo sostenible del país [5] hace que se visualice un desarrollo económico importante en el país.

De cuanto antecede, Colombia apunta al aprovechamiento de las FNCE, por ello, es de vital importancia conocer el comportamiento del sector energético en los últimos años en cuanto a la generación, demanda, consumo y capacidad instalada, con el propósito de pronosticar y prever el impacto socio-económico y ambiental a nivel nacional. Conocer la disponibilidad del recurso energético y proyectar

los sitios estratégicos para futuras plantas de generación, será una tarea prioritaria para garantizar el crecimiento del sector eléctrico de forma técnica y económicamente viable.

2. PANORÁMICA DEL PAÍS

Colombia se encuentra ubicada en la latitud $4^{\circ} 35' 56.57''$ Norte y la longitud $74^{\circ} 04' 51.30''$ Oeste, en la esquina noroeste de América del Sur. El país cuenta con 6.342 km de fronteras terrestres y limita con Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú y Panamá. Esta ubicación geográfica, hace que Colombia cuente con una gran diversidad de climas y ecosistemas, además de disponer al país en la zona tórrida o intertropical [6]. Por tanto cuenta con una amplia gama de climas que varían desde los más gélidos, a 0°C en las cumbres de las montañas, hasta los más cálidos, a 30°C en las costas. Es uno de los países con mayor número de recursos hídricos en el mundo [7] y posee gran potencial de recurso geológico, lo que hace posible la explotación de carbón (cuarto mayor exportador mundial), metales, piedras preciosas (oro, plata, platino y esmeraldas) y minerales [8].

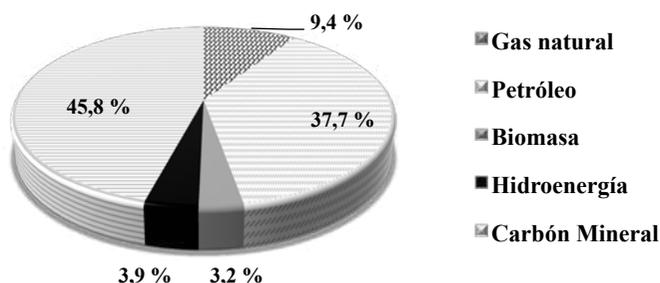
Por encontrarse sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico, Colombia es un país con marcada actividad volcánica, cuenta con 95 volcanes siendo los más activos el Nevado del Huila, el Galeras y el del Ruiz. El territorio continental está constituido en un 33% por montañas y un 67% por llanuras bajas, se distingue el sistema montañoso andino conformado por tres cordilleras y los diferentes valles interandinos, así como las extensas llanuras bajas y el sistema periférico, el cual cubre los sistemas montañosos aislados [9]. Políticamente, Colombia es un estado social de derecho cuyo sistema de gobierno se caracteriza por ser presidencialista; está organizada territorialmente en 32 departamentos descentralizados, 1.123 municipios y 5 distritos; su capital es Bogotá. La superficie total es de $2.129.748 \text{ km}^2$, de los cuales $1.141.748 \text{ km}^2$ corresponden a su territorio continental y los restantes 988 km^2 a su extensión marítima. El país es la cuarta nación en cuanto a mayor extensión territorial de América del Sur y tiene una población de 47 millones de habitantes, posicionándolo como el tercer país con mayor número de habitantes de Latinoamérica [10].

Colombia cuenta con tratados de libre comercio con todos los países de América del Sur (excepto las Guayanas), México, Canadá, Estados Unidos, países de la Unión Europea, entre otros. El gasóleo fue la mayor fuente de importación en el 2012. Mundialmente Colombia es reconocida por las grandes cantidades exportadas de café, pero también hay contribuciones importantes de la exportación del carbón, ferromanganeso, petróleo y sus derivados.

3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

En el año 2012 la producción total de energía primaria fue de 1.263.555 Tcal,¹ con una participación del carbón mineral del 45,8 %, seguido del petróleo con un 37,7 %, el gas natural con un 9,4 %, la hidroenergía con un 3,9 % y finalmente la biomasa con un 3,2 % (Figura 1) [11].

Figura 1. Producción de energía primaria en el 2012
Figure 1. Production of primary energy in 2012.



Para el año 2000 la producción de petróleo registró un promedio de 687 KBPD², mostrando una paulatina reducción en su producción hacia el 2005 situándose en 525 KBPD, siendo este el valor más bajo registrado para la producción de crudo en Colombia. Debido a la explotación de nuevos yacimientos y empleo de nuevas tecnologías, la producción de petróleo se incrementó a partir de 2006 manteniéndose así hasta el 2013[12], reportándose una producción promedio anual de 1.007 MBDP³. Bajo estos parámetros, Ecopetrol es la empresa con mayores índices de producción pues representa el 36,3 % sobre el total nacional. La zona de la cuenca de los Llanos Orientales es la principal fuente de suministro, pues provee el 73 % del crudo a nivel nacional. En 2013 se registró el mayor número de reservas alcanzadas en los últimos 15 años, reportándose 2.445 millones de barriles, valor superior en 2,9 % respecto al 2012. Sin embargo, debido al ritmo de producción, en este mismo año la relación “reserva-producción” se situó en 6,6 años, lo que supone un riesgo, ya que de seguir con este ritmo de consumo, las importaciones de petróleo serán mayores para abastecer la demanda interna, dando lugar al incremento en los costos de combustible, canasta básica, electricidad, etc[13].

Entre 2000 y 2012 la capacidad total de refinación se redujo, ya que se iniciaron proyectos de modernización de las refinерías de Barrancabermeja y Cartagena con el fin de

cumplir con estándares internacionales y dotar al país del principal combustible para el transporte [14]. En lo concerniente al carbón, la producción presentó una variación anual promedio anual del 7,6 % durante el periodo comprendido entre 2002 y 2013, esto se evidencia por el incremento del 116,5 % en la producción, al pasar de 39.484 miles de toneladas en el 2002 a 85.465 miles de toneladas en el 2013 [15]. En cuanto a la producción de gas, entre 2007 y 2013 tuvo una variación ya que la tasa promedio anual observada fue de 8,5 %, así en 2013 la producción alcanzó los 1.174 MPCD⁴, un 1,6 % superior a la reportada en el año 2012, esto se debió al desarrollo de los nuevos campos y las ampliaciones de las facilidades de entrega. En lo relativo al gas, el país cuenta con reservas de 6,41 TPC⁵, de ellas el 85,9 % corresponde a las probadas, el 7,9 % a las probables y 6,1 % a las posibles, por lo que la relación “reserva-producción” es de 15,5 años [16 - 19].

4. SECTOR ELÉCTRICO

El sector eléctrico colombiano está regulado por distintas entidades que se encargan de la generación, transmisión, comercialización y distribución de la energía eléctrica tal es el caso del Ministerio de Minas y Energía (MME), el cual es el órgano designado por el gobierno para dirigir la política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética. También están la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME) que tiene entre sus funciones elaborar el Plan Energético Nacional y el Plan de Expansión del Sector Eléctrico con base a las proyecciones de la demanda, los requerimientos energéticos de la población y los agentes económicos del país; la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) cuya función radica en la regulación de los monopolios para la prestación de los servicios públicos y por último la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) la cual desempeña funciones específicas de control y vigilancia. Por otro lado, existen otras entidades como el Centro Nacional de Despacho (CND) que es la dependencia encargada de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema interconectado Nacional (SIN) y el Consejo Nacional de Operación (CON) que tiene como función principal acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación integrada del SIN sea segura, confiable y económica [20]. De esta manera se tiene que actualmente el mercado eléctrico colombiano está formado por 53 generadores, 94 empresas comercializadoras, 31 operadores de red y una docena de transmisores [21]. Técnicamente, a finales del 2013 la generación de energía eléctrica del SIN en Colombia fue de 62.196,6 GWh, un 3,7 % más que la registrada en 2012 (59.988,9 GWh). Esta generación se

¹ Tcal: Tera calorías.

² KBPD: Miles de barriles por día.

³ MBDP: Millones de barriles por día.

⁴ MPCD: Millones de pies cúbicos al día.

⁵ TPC: Tera Pies Cúbicos.

compone de un 67,3 % por hidroeléctricas, el 27,1 % corresponde a plantas térmicas, el 5,1 % a plantas menores y un 0,6% está formado por cogeneradores (Figura 2). Al 31 de diciembre de 2013, el SIN contaba con una capacidad efectiva neta instalada de 14.559 MW, para atender una demanda de energía de 60.890,3 GWh registrada en gran medida por el Centro y Noroeste de país, seguido del Valle y Caribe.

La capacidad efectiva del SIN está compuesta en un 64,0 % por centrales hidráulicas, un 31,0 % por térmicas, un 0,5 % por cogeneradores y finalmente las plantas menores representan el 4,5 % (Figura 3) [22].

Según informes de la UPME, la cobertura de energía eléctrica alcanzó el 95,6 % a nivel nacional en 2012. El total de viviendas con suministro eléctrico fue de 11.569.602, de

las cuales el 1,7 % tienen la prestación con solución aislada. En 2012 la UPME realizó un Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura de energía eléctrica (PIEC), con el fin de asignar una metodología para suplir las necesidades presentes y estimar el valor de la inversión, este plan está orientado a la electrificación de 535.613 viviendas que no cuentan con este servicio.

4.1 Consumo de electricidad

En 2012 el consumo de energía eléctrica fue de 50.865 GWh, siendo los sectores de mayor consumo el residencial con 40,9 %, el industrial con 30,5 %, el sector comercial y público con el 23,9 % y el sector agropecuario y minero con 4,2 % (Figura 4). Para el sector residencial en las áreas urbanas, el empleo de electricidad fue principalmente para la cocción de alimentos, uso de nevera, ilumina-

Figura 2. Generación de energía del SIN en 2013

Figure 2. Power generation from National Interconnected System in 2013

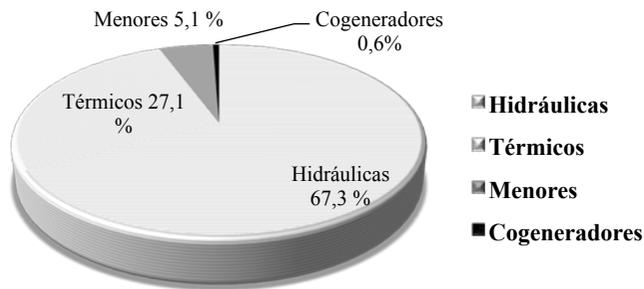


Figura 3. Capacidad efectiva neta del SIN al finalizar el 2013

Figure 3. Net effective capacity from National Interconnected System at the end of 2013

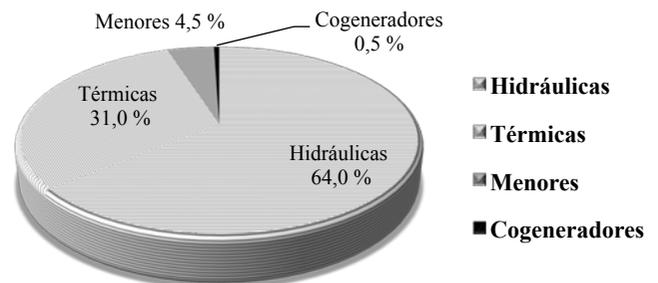
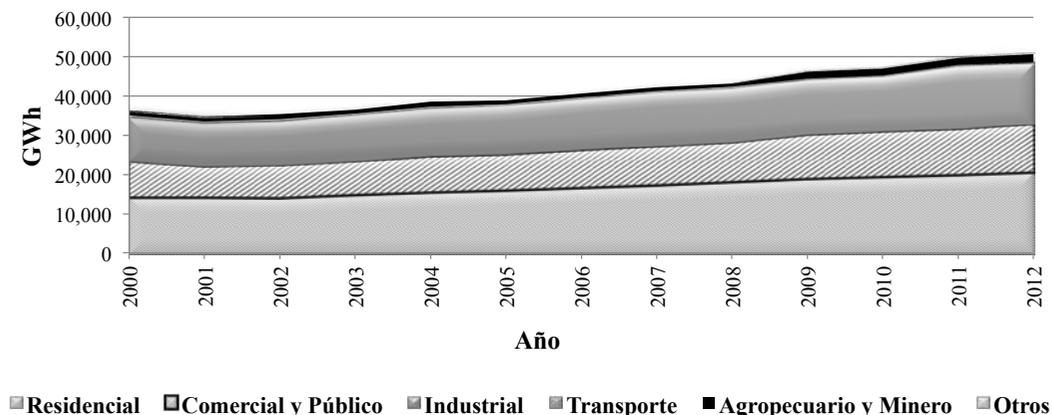


Figura 4. Consumo de energía eléctrica por sectores entre 2000 y 2012

Figure 4. Electric power consumption for sectors between 2000 and 2012



ción y calentamiento del agua; en la industria los sectores que más energía emplearon fueron el sector de alimentos, bebidas y tabaco, hierro, acero y no ferrosos, la industria química y el sector textil y confecciones; para en el sector agropecuario y minero se empleó para el secado de granos y la fuerza motriz respectivamente [23].

4.2 Crecimiento

El crecimiento de la generación y demanda de la energía eléctrica en Colombia supera ampliamente el crecimiento demográfico entre los años 2010 y 2020. Las tasas promedio de crecimiento de la población y generación de energía (Figura 6) son 1,1 %, y 2,7 % respectivamente, calculadas para el periodo 2005-2013 (Figura 5). El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) muestra en una de sus proyecciones un crecimiento poblacional hasta el año 2020, el cual estima que la población colombiana llegará a los 51 millones de habitantes aproximadamente, lo cual significa que se tienen una tasa de crecimiento promedio anual de 1,25 en el periodo 2000-2005 el cual

disminuye hasta llegar a una tasa del 1,09 para el periodo 2015-2020 [24].

Con respecto a la proyección de la demanda, el Plan de Generación-Transmisión 2013-2027 indica que entre los años 2013 y 2015 se dará un cambio en el comportamiento debido a los supuestos considerados, como un incremento en el consumo de energía a partir de 2014 por parte de Pacific Rubiales, la posible entrada de las cargas de Ecopetrol y Drummond en 2015 y la declinación de la producción de OXY⁶ y la Cira-infantas⁷. Entre los años 2012 y 2020 se espera una tasa media de crecimiento de 3,5 % y de 3,4 % en el periodo 2021 a 2027. La Figura 6 muestra los escenarios posibles en cuanto al crecimiento de la demanda de energía eléctrica, que oscilan entre los 90.000 y 105.000 GWh para el año 2027 [25].

⁶ Occidental Petroleum (Oxy) es una empresa estadounidense de exploración y producción de petróleo y gas.
⁷ La Cira-Infantas en el campo petrolero más antiguo de Colombia y el de mayor extensión: 160 km²

Figura 5. Generación real por tecnología entre 2005 y 2013
Figure 5. Real generation technology between 2005 and 2013

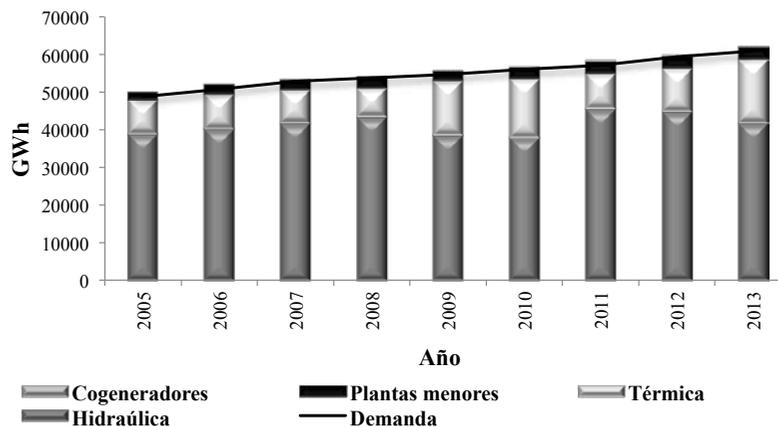
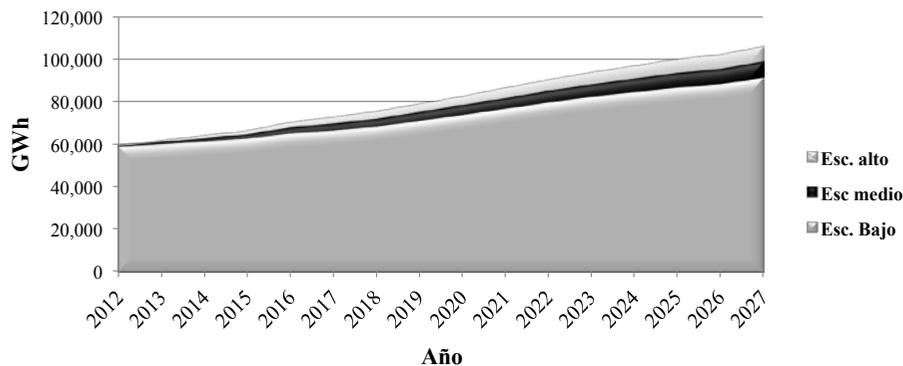


Figura 6. Proyección total de la demanda de energía eléctrica entre 2012 y 2027
Figure 6. Total projection demand of electric power between 2012 and 2027



4.3 Emisiones

El CO₂ es el principal gas emitido en el país; se estima que las actividades energéticas tales como la quema de combustibles, las emisiones fugitivas y la quema de biomasa, generan el 37 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en el país y las actividades de consumo de combustibles fósiles relacionado con la generación de electricidad sólo aportan un 23.16% de la totalidad del sector energía (15.281, 57 Gg de CO₂eq) [26].

El indicador promedio de emisiones de dióxido de carbono de Colombia entre los años 2008 y 2011 fue de 142 gramos de CO₂ por cada KWh, siendo superior a Brasil que presentó 77 gramos de CO₂ por cada KWh para el mismo periodo [27]. En este sentido, Colombia apenas representa el 0,4 % de las emisiones mundiales. Según los registros del 2004 se indica que fue el año en el que las emisiones alcanzaron los 180.010 Gg de CO₂ equivalentes con una tasa de variación de 2,8 %, la cual ha disminuido año tras año debido a las gestiones relacionadas con políticas de sustitución de combustibles y precios y a fenómenos hídricos favorables.

5. POLÍTICAS ENERGÉTICAS

Un problema global como lo es el cambio climático, es una situación que debe afrontarse con acciones a corto y largo plazo, por esta razón instituciones como la UPME, CREG, CIURE y el MME toman un rol importante en el país, promoviendo la investigación en centros educativos y otros agentes públicos y privados cuyo objetivo es plantear soluciones convenientes económicamente y a su vez eficientes dejando de lado los combustibles fósiles e implementando recursos hídricos, solares o eólicos, todo esto respaldado por la ley 143 de 1994 que establece a estas entidades la función de planeación de la utilización de las fuentes no convencionales de energía, el análisis tecnológico, la regulación del sector eléctrico en general, la ejecución de proyectos en sitios aislados y la adopción de planes.

Actividades como subastas y proyectos de mejora ambiental han surgido durante los últimos años, teniendo un impacto poco apreciable en la sociedad y en la cultura colombiana. En el año 2010 se expidió un plan de acción a favor de las fuentes no convencionales de energía llamado PROURE (Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales) con el fin de consolidar una cultura para el manejo eficiente de los recursos naturales con un enfoque energético en Colombia.

Actualmente existe una gran variedad de proyectos a pequeña escala que están funcionando en el país, como también los hay en proceso de desarrollo, los cuales prometen cambios notorios para el 2015. En la actualidad se cuenta además con un PEN 2010-2030 en el cual se traza

la política energética del país con el fin de maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del mismo; el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura Eléctrica PIEC 2013-2017 tiene el fin de identificar la inversión económica requeridas para garantizar la universalización del servicio eléctrico tanto en el SIN como en las ZNI; por otro lado, el Plan de Expansión de Referencia de Generación- Transmisión 2013-2027 permitió estimar que a largo plazo se requieren 3100 GW adicionales para atender los requerimientos de energía eléctrica. En mayo de 2014 se firma la ley 1715 en la cual se promueve, estimula e incentiva el desarrollo de las actividades de producción y utilización de las FNCE, principalmente aquellas de carácter renovable, se declara como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar la diversificación del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección del ambiente, el uso eficiente de la energía y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables [4].

6. ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR ELÉCTRICO

6.1 Estado actual

A pesar que los recientes informes de instituciones internacionales han posicionado al país en el quinto lugar en cuanto a competitividad energética, es importante que Colombia continúe realizando proyectos para el avance del país en cuanto al desarrollo de FNCE, ya que se busca posicionar al país como líder en sustentabilidad energética, permitiendo que la matriz energética se diversifique a fin de lograr cada vez más que las ZNI cuenten con el suministro de energía eléctrica. En Colombia las entidades que hacen seguimiento a esta temática son la UPME y el IPSE, puesto que parte de su misión es hacer uso de las energías renovables para brindar soluciones energéticas de las ZNI. Estas unidades se mueven bajo el marco de la ley 697 de 2001, la cual se caracteriza por fomentar el uso racional y eficiente de la energía así como la utilización de energías alternativas. Del mismo modo, con la implementación del PROURE se pretende aumentar la participación de las FNCE a corto y mediano plazo (Tabla 1).

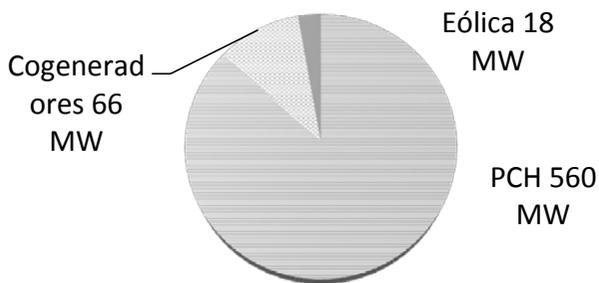
Tabla 1. Proyección de la participación de las FNCE para el 2015 y 2020

Table 1. Projection of the participation of Non-conventional energy sources for 2015 and 2020

Participación	2015 (%)	2020 (%)
En el SIN	3,5	6,5
En las ZNI	20	30

Figura 7. Participación de las FNCE en el SIN a 31 de diciembre de 2013

Figure 7. Participation of the Non-conventional energy sources in the National Interconnected System with cut December 31 2014



De acuerdo informes de XM⁸, se sabe que la participación de las fuentes renovables es del orden del 4,4 % del total de la capacidad instalada del SIN registrada en ese reporte (14.559,05 MW) (Figura 7).

Actualmente los diagnósticos de la disponibilidad de los FNCE en Colombia son escasos y algunos están incompletos, ya que en muchos casos no se cuenta con los instrumentos técnicos, presupuesto o mano de obra calificada, por ello se necesitan más incentivos y el desarrollo de un marco regulatorio concerniente a cada tipo de tecnología para que los inversionistas implementen más proyectos de este tipo, ya que como todos sabemos Colombia cuenta con recursos hídricos, geotérmicos, eólicos, solares, de biomasa, nuclear y oceánica, los cuales se describen a continuación.

6.2 Energía hidráulica

Es la fuente de generación más importante en Colombia. En 2012 y 2013 la energía aportada al SIN fue de 44.923,6 y 41.835,9 GWh respectivamente, lo que representa un 74,9 y 67,3% de la generación total de cada año (Tabla 2). El 64% de capacidad efectiva neta instalada con la que contaba el SIN al finalizar 2012 y 2013 fue correspondiente a la energía hidráulica (9.185 y 9.315 MW respectivamente). Se destacó un aumento gracias a la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas Amoyá la Esperanza de 80 MW y Darío Valencia Samper unidad 2 con 50 MW [28].

Tabla 2. Datos de generación y capacidad neta instalada del recurso hidráulico entre 2012 y 2013

Table 2. Data generation and net capacity installed of hydraulic resource between 2012 and 2013.

	2012		2013	
	Valor	% participación	Valor	% participación
Generación (GWh)	44,923	74.9	41,835.9	67.3
Capacidad Neta Instalada (GW)	9,185	64	9,315	64
PCH				
Capacidad Neta Instalada (GW)	591	4.1	560	3.8

Colombia cuenta aproximadamente con 90 pequeñas centrales hidroeléctricas con capacidad instalada de 560 MW, representando el 3.8% del total al 2013 y cuenta con más de 20 centrales hidroeléctricas. Las más relevantes según su aporte se encuentran situadas en Antioquia (San Carlos), Cundinamarca (Guavio), y Boyacá (Chivor) con capacidades instaladas de 1000, 1200 y 1240 MW respectivamente, ellas aportaron para el 2013 el 35% de la generación total de las centrales hidroeléctricas [29].

En cuanto a los posibles proyectos de expansión de generación registrados para el periodo 2014-2020 se observa un gran interés por esta tecnología. Entre los avances mostrados hasta el 2013 se mencionan en su mayoría proyectos desarrollados en los ríos Amoyá, Magdalena, Cauca, Sogamoso, Medellín, Tuluá, Ambeima, Tunjita, Calderas, Samaná, Santa Inés, Cocorná y el Cucuana [30]. En el listado de proyectos con registro vigentes hasta marzo del 2014 más del 93% son de tecnología hidráulica [31].

6.3 Energía geotérmica

Se ha encontrado que el mayor potencial de este tipo de energía se encuentra en Azufral en el departamento de Nariño, el volcán Chiles - Cerro Negro entre Colombia y Ecuador el cual se encuentra sobre una cámara magnética de 5-10 kilómetros de profundidad con temperaturas entre 220°C y 230°C, temperaturas óptimas para la utilización en la generación geotérmica de energía. También en Paipa, localizada en la Cordillera Oriental en Boyacá, en donde las rocas sedimentarias y el magma se encuentran a una profundidad de aproximadamente 5 kilómetros. Además existe un área más en el Macizo Volcánico Ruiz-Tolima [32] considerada importante para el desarrollo de centrales eléctricas de este tipo.

⁸ XM: filial de ISA especializada en la gestión de sistemas de tiempo real

En la actualidad aún no se cuenta con un proyecto geotérmico con fines de generación de energía eléctrica, pero se tiene conocimiento de un proyecto de generación geotérmica con capacidad de 50 MW con miras en el Macizo volcánico del Ruiz [26,33]. Se han realizado estudios de pre factibilidad en proyectos tales como el enfocado en el macizo volcánico del Ruiz y el proyecto binacional Tufiño – Chiles – Cerro Negro en la frontera con el Ecuador, el cual estima una potencial entre 15 y 30 MW; se espera continuar invirtiendo en la continuación de los mismos.

Es de destacar que Colombia no cuenta con una normatividad específica para el desarrollo geotérmico, que además se presentan limitaciones con factores técnicos y científicos y que debido al alto costo de las exploraciones puede haber dificultad en el ingreso y competitividad de este tipo de energía en el mercado [31,34].

6.4 Energía eólica

El potencial de energía eólica por desarrollar en Colombia se encuentra en la Costa Atlántica, principalmente en la Alta Guajira donde se estima una densidad de energía media de 1530 W/m² medidos a 50 metros de altura y en otras regiones como en el Atlántico, San Andrés, Alto de La Línea, La Guajira, entre otros. El 0.12% de capacidad efectiva neta instalada del SIN a 31 de diciembre de 2013 era correspondiente a la energía eólica con 18 MW [29,35]. El único parque eólico en la actualidad es el Jepirachi, que fue el primero en construirse en el país en 2004. Este parque se ubica en Puerto Bolívar en La Guajira, tiene una capacidad instalada de 19,5 MW. La zona se caracteriza por presentar vientos con velocidades promedio de 9,8 m/s² [36]. También se conoce el sistema híbrido empleado para la comunidad Nazaret en la Alta Guajira, puesto en operación en el 2010, el cual implementa, entre otros recursos, dos aerogeneradores de 100KW cada uno.

Algunas entidades privadas han instalado sistemas aislados de aerogeneradores de menos de 5KW, medidores y molinos de vientos en diferentes regiones del país. En cuanto a la energía eólica se cuenta con una norma, la ICONTEC y dos guías técnicas relacionadas con el recurso eólico, sin embargo no se cuenta con un marco regulatorio específico [36].

Actualmente la UPME lleva a cabo el proyecto de propuesta de actualización de los atlas solares y de vientos generados en 2005 y 2006, y se encuentra desarrollando el diseño de un programa piloto de evaluación de los recursos eólico y solar con énfasis en la Guajira [37]. Además se están realizando estudios de factibilidad de la integración de otro parque eólico en la misma zona con potencia de 400 MW y se realizarán análisis técnicos de la ubicación de pequeñas granjas eólicas en la zona limítrofe de Norte

de Santander, Cesar y Magdalena que aporten en conjunto 100 MW [38]. Dentro del listado de los proyectos de generación registrados hasta marzo de 2014 se encuentra en fase 1 (pre factibilidad) un proyecto de generación eólica en La Guajira con 99 MW de capacidad [32].

6.5 Energía solar

Según el Atlas de radiación solar de Colombia, el país cuenta con un recurso solar importante, se estima una irradiación promedio mensual que varía entre los 4 y 6 kWh/m²día, siendo las regiones de La Guajira, Arauca, parte del Vichada, las regiones de los valles del Río Cauca y del Río Magdalena y San Andrés y Providencia las de mayor recurso. Comparado con los porcentajes mundiales, Colombia se encuentra entre el 58 y 84% de los máximos registrados [36].

En el país existen sistemas fotovoltaicos aislados en las Zonas No Interconectadas (ZNI) para el empleo en telecomunicaciones y electrificación rural principalmente, se estima una potencia instalada de 9 MW. En cuanto a la solar térmica se cuenta con calentadores solares en el sector industrial y residencial que representan 77 MW teóricamente, ya que se evidenció que este tipo de tecnología fue desplazada por el gas natural. Bajo el supuesto que estuviera en operación completa, esta capacidad generaría aproximadamente 70 GWh/año y la potencia fotovoltaica generaría aproximadamente 13 GWh/año [35]. Un ejemplo de la implementación del uso de la energía solar térmica en Colombia es el sistema de secado solar de cacao en la Sierra Nevada de Santa Marta, el cual se encuentra en la fase de elaboración de estudios ambientales [39]. Dentro del listado de los proyectos de generación registrados hasta marzo de 2014 se encuentra en fase 3 Awarala, un proyecto con tecnología solar con inducción mecánica en Sucre que aprovechará la radiación solar de la región de aproximadamente 4.75 kWh/m²día y tendrá 19.9 MW de capacidad para una generación anual estimada de 166 GWh, se proyecta que en diciembre de 2015 entre en operación comercial [40]. Conjuntamente se cuenta con un proyecto exitoso híbrido solar-diésel en Chocó, que presta 18 horas por día a través de tecnologías fotovoltaicas y las restantes con diésel, además de la reciente implementación de ocho sistemas solares fotovoltaicos en el Parque Nacional Natural Utría en el mismo departamento, y un proyecto fotovoltaico en la Sierra Nevada de Santa Marta [41].

6.6 Energía de biomasa

El sector agropecuario es fuente potencial de biomasa, brinda material aprovechable como bagazo de caña de azúcar y panelera, cascarilla de arroz, fibra del cocotero, pulpa de café, palma de aceite, frijol, caña de azúcar y cebada; según estudios realizados por la UPME se reportan

29 millones de ton/año de biomasa residual agrícola, cuyo potencial energético es del orden de los 12.00 MWh/año. Además el país cuenta con otras fuentes potenciales de biomasa, como la producción de algas, sistemas de producción pecuaria que generan grandes volúmenes de estiércol, los residuos sólidos urbanos de los cuales el 56% representan material orgánico, entre otros [42]. En el país se hace uso de la biomasa en los ingenios azucareros ubicados principalmente en el Valle del Cauca, allí la cogeneración a partir del bagazo de la caña de azúcar es el medio para producir energía eléctrica [30]. En un reporte del 2014 se estimó una capacidad instalada de 61,3 MW, lo que representa un 0,42% del total, siendo los ingenios Mayaguez y Providencia los de mayor capacidad instalada [30]. En estudios realizados por la UPME, se estima que el potencial energético de residuos agrícolas e industriales RAI (bagazo de caña, palma africana, café maíz, arroz, banano y plátano) es de 331.64 PJ/año, mientras que de los residuos pecuarios es de 117.55 PJ/año (bovinos, porcinos y avícolas) y de los residuos sólidos urbanos de 12 ciudades principales alcanzan los 192TJ/año [35]. En 2003 se estimó un potencial de biomasa de 16,267 MWh/año de energía primaria compuesto principalmente del potencial de residuos agroindustriales y de cosecha (Figura 8).

6.7 Energía nuclear

En Colombia desde el año 1928 se ha hablado de la energía nuclear, por ello se cuenta con un pequeño reactor empleado para la farmacéutica, ingeniería e investigación. No se conoce de plantas de generación de energía con esta tecnología, sin embargo ya existen lineamientos que orientan en la gestión de los desechos reactivos en el territorio, lo que indica un inicio para constituir en un futuro un marco regulatorio en Colombia [43].

Sin embargo debido a las dificultades que presenta el empleo de este tipo de energía, como son la peligrosidad latente en caso de accidentes y los desechos radiactivos producidos, la utilización de esta fuente energética se proyecta a largo plazo, por lo que no se contempla dentro del

PEN 2010-2030, debido a que aún se construyen condiciones que permitan la seguridad energética y de costos en Colombia.

6.8 Energía de los océanos

De acuerdo a investigaciones realizadas, la región del Pacífico no presenta gradientes térmicos aprovechables ni profundidades adecuadas para la obtención de energía, a diferencia de las Islas de San Andrés y Providencia en el Caribe. A pesar de cumplir con rangos de marea necesarios, ciertas zonas de la Costa Pacífica como Bahía Málaga presentan bajas velocidades de las corrientes de marea lo que hace que este potencial sea poco aprovechable a mediano plazo.

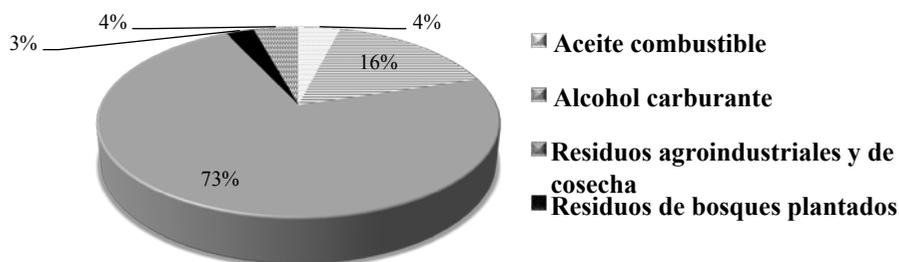
La Península de La Guajira es la que presenta mayor potencial de energía de las olas con 11,67 kW/m pero no alcanza el flujo mínimo requerido (15kW/m) [5].

7. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En la actualidad se continua desarrollando estrategias para posibilitar el desarrollo de las FNCE en Colombia, una de ellas es una propuesta metodológica para la incorporación de las temáticas de eficiencia energética y FNCE en la educación formal para los departamentos de San Andrés Islas, Amazonas y Chocó. La metodología será puesta a disposición de las entidades del sector educativo con el fin de lograr la apropiación e implementación de la misma.

Por otro lado, como parte de la estrategia financiera, se continúa trabajando en un piloto de eficiencia energética en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina que busca, entre otros, identificar, diseñar y apoyar la implementación del mejor esquema financiero que facilite el acceso a recursos para inversión en tecnologías eficientes, con miras a optimizar los consumos energéticos en usuarios de los sectores hotelero, comercial y residencial de las islas. Como parte de la promoción de incentivos

Figura 8. Potencial de biomasa en Colombia 2003
Figure 8. Biomass potential in Colombia 2003



tributarios para proyectos de eficiencia energética (exclusión de IVA y deducción de renta líquida) se han emitido decretos pero aún falta más esfuerzos. Además se está trabajando principalmente en dos proyectos con el BID y Colciencias orientados al cálculo de potenciales de recursos renovables (hídricos, eólicos, solares, biomasa, entre otros) y a la actualización de los atlas de estos recursos. Desde finales del año 2011 se trabaja en el componente I del proyecto "Inversiones Catalizadoras para Energía Geotérmica", que como resultados preliminares, se cuenta con bases de datos de alrededor de 800 actores en el tema de las FNCE, con reportes y archivos de geo-referenciación para la ubicación de los mismos [39]. A pesar que se ha estimado que Colombia es un país con bajas emisiones de GEI se ha observado el interés de incursionar en el uso de las FNCE ya que por un lado, los modelos de cambio climático muestran potenciales amenazas a la generación hidroeléctrica creando alta vulnerabilidad, además se busca fortalecer la imagen de país verde y desarrollar soluciones sostenibles para las ZNI. Colombia es el cuarto país de Latinoamérica en número de proyectos MDL registrados ante la ONU, y el número doce del mundo, cuenta con un portafolio de 197 proyectos MDL de los cuales 56 pertenecen al sector energía con un potencial anual de reducción de emisiones de GEI de 8,21 millones de toneladas de CO₂eq que representan un potencial de ingreso estimado anual de 80,1 millones de dólares. Las energías renovables abarcan unos 46 proyectos, 25 con aprobación nacional, 14 registrados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y 5 con Certificado de Reducción de Emisiones (CERs); se estima una reducción de emisiones de GEI de 5,6 millones de toneladas de CO₂eq que representan un potencial de ingreso estimado anual de 56,1 millones de dólares [44].

8. CONCLUSIONES

La fuente primaria de producción de energía en Colombia es el carbón mineral representando un 45,8% de la producción de energía en el 2012 seguido del petróleo, el gas natural, la hidroenergía y la biomasa. La principal fuente de generación de energía eléctrica proviene de las centrales con tecnología hidráulica representando un 67%, seguida de las centrales térmicas con un 27%, plantas menores y cogeneradores. Los sectores de mayor consumo eléctrico son el residencial (40,9%), el industrial (30,5%), seguido del comercial y público, agropecuario y minero.

Colombia presenta bajos aportes de GEI a nivel mundial, en Latinoamérica se ubica en la quinta posición, además, la mayor parte de los GEI que emite corresponden al dióxido de carbono. El sector que más emite es la agricultura (38,9%) y la energía (36,65%), en esta última categoría, el consumo de combustibles para el sector transporte y el sector eléctrico participan con un 33 y 23% respectivamente.

Las políticas energéticas apuntan con gran énfasis a la diversificación de la matriz energética con el uso de FNCE por medio de entidades y programas como son la UPME, la CREG, la IPSE, los planes de expansión y el PROURE. Colombia cuenta con gran potencial de FNCE, muestra mayor desenvolvimiento con la energía solar, eólica, PCH y biomasa de las cuales se tiene más registro de proyectos de generación eléctrica y estudios avanzando constantemente; a pesar de esto aún falta desarrollo en la implementación de estas fuentes, mayores incentivos y marcos regulatorios. El aporte de estas energías reportan alrededor del 4,4% de la capacidad instalada del SIN.

REFERENCIAS

- [1] Congreso de Colombia. (2011) Ley 1450 del 16 de Junio de 2011 [Internet], Bogotá D.C., *Congreso de Colombia*. Disponible desde: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=43101>> [Acceso 21 de diciembre de 2014].
- [2] Departamento Nacional de Planeación. (2011) *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*, Bogotá.
- [3] UPME. (2007) Plan Energético Nacional 2006-2025, Contexto y Estrategias [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/siel/Portals/0/PLAN_ENERGETICO_NACIONAL_2007.pdf> [Acceso 21 de diciembre 2014].
- [4] Congreso de Colombia. (2014) Ley 1715 de 2014 [Internet], Bogotá D.C., *Congreso de Colombia*. Disponible desde: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=57353>> [Acceso 21 de diciembre de 2014].
- [5] Universidad Nacional-Fundación Bariloche Política Energética. (2010) *Plan Energético Nacional 2010-2030 Informe Final* [Internet], Bogotá D.C., UPME. Disponible desde: <<http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN%202010%20VERSION%20FINAL.pdf>> [Acceso 30 de enero de 2014].
- [6] Colombia.sa (s.f). *Mapas de Colombia* [Internet]. Disponible desde: <<http://www.colombia-sa.com/mapa/mapa.html>> [Acceso 30 de enero de 2014].
- [7] Colprensa. (2011) Colombia, uno de los países más ricos en recursos hídricos [Internet], Envigado, *El Colombiano*. Disponible desde: <http://www.elcolombiano.com/en_recursos_hidricos_colombia_sigue_como_uno_de_los_paises_mas_ricos_del_mundo-LGEC_128773> [Acceso 22 de febrero de 2014].
- [8] Portafolio. (2013) *Colombia mantiene meta de producción de carbón para 2013* [Internet], Bogotá D.C. Disponible desde: <<http://www.portafolio.co/economia/meta-produccion-carbon-colombia-2013>> [Acceso 21 de enero 2014].

- [9] (s. f). *Geografía de Colombia [Internet]*. Disponible desde: <<http://www.todacolombia.com/geografia/geografiacolombiana.html>> [Acceso 30 de enero de 2014].
- [10] DANE. (s.f.) Reloj de población [Internet], Bogotá D.C., *DANE*. Disponible desde: <http://www.dane.gov.co/reloj/reloj_animado.php> [Acceso 30 de enero de 2014].
- [11] UPME: (2012) Balance minero energético 2000-2012 [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=33> [Acceso 12 de mayo 2014].
- [12] Ministerio de Minas y Energía. (2014) Producción promedio de petróleo en Colombia fue de 1.007.000 barriles por día en diciembre de 2013 [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&mes=1&anio_comunicado=2014&opcionCalendar=10&id_comunicado=829> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [13] Ministerio de Minas y Energía. (2014) Colombia presentó en 2013 un crecimiento de 2,86% en reservas de petróleo [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=970> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [14] UPME. (2013) La cadena del petróleo en Colombia 2013 [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible en internet desde: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/news/3086/files/cadena_del_petroleo_2013.pdf> [Acceso 6 de mayo de 2014].
- [15] Ministerio de Minas y Energía. (2013) Histórico de producción de carbón anual [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=121&grupo=368&Fechainicial=01/01/1940&Fechafinal=31/12/2013> [Acceso 10 de mayo de 2014].
- [16] Ministerio de Minas y Energía. (2009) Memorias al Congreso de la República 2008-2009 Sector hidrocarburos [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias%202009/A_Memorias_HIDROCARBUROS.pdf> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [17] Ministerio de Minas y Energía. (2010) Memorias al Congreso de la República 2009-2010 Sector hidrocarburos [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <[http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2010/02-hidrocarburos%20\(2\).pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2010/02-hidrocarburos%20(2).pdf)> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [18] Ministerio de Minas y Energía. (2011) Memorias al Congreso de la República 2010-2011 Sector hidrocarburos [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2011/03-HIDROCARBUROS.pdf> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [19] Ministerio de Minas y Energía. (2012) Memorias al Congreso de la República 2012-2013 Sector hidrocarburos [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2013/2-Hidrocarburos.pdf> [Acceso 7 de mayo de 2014].
- [20] Energía de Bogotá. (s.f.) Sector eléctrico en Colombia [Internet], Bogotá D.C., *Energía de Bogotá*. Disponible desde: <<http://www.eeb.com.co/transmision-de-electricidad/sector-energetico-en-colombia>> [Acceso 30 de enero de 2014].
- [21] XM. (2014) Descripción del sistema eléctrico colombiano [Internet], *Medellín, XM*. Disponible desde: <<http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/1-4-Agentes-del-mercado.aspx>> [Acceso 11 de mayo 2014].
- [22] XM (2014). Informe de operación del SIN y administración del mercado 2013 [Internet], *Medellín, XM*. Disponible desde: <<http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/operacion-2013.pdf>> [Acceso 29 de abril de 2014].
- [23] Subdirección de Planeación Energética. (2010). Proyección de demanda de energía en Colombia [Internet], Bogotá D.C., *UPME*. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/Docs/Energia/PROYECC_DEMANDA_ENERGIA_OCTUBRE_2010.pdf> [Acceso 24 de febrero de 2014].
- [24] DANE. (2010) Proyecciones nacionales y departamentales 2005-2020 [Internet], Bogotá D.C., *DANE*. Disponible desde: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/conciliacenso/7_Proyecciones_poblacion.pdf> [Acceso 12 de mayo de 2014].
- [25] UPME. (2013) Plan de expansión de referencia generación – transmisión 2013-2027 [Internet], Bogotá D.C., *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2013/Plan_GT_2013-2027_Vdefinitiva.pdf> [Acceso 29 de abril de 2014].
- [26] IDEAM. (s.f.) Capítulo 2. Inventario nacional de emisiones de gases efecto invernadero [Internet], Bogotá D.C.,

- IDEAM. Disponible desde: <<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAMTOMOIIICap2.pdf>> [Acceso 8 de mayo de 2014].
- [27] IEA (2013) CO₂ emissions from fuel combustion, highlights [Internet], Paris. Disponible desde: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2013.pdf>> [Acceso 12 de mayo de 2014].
- [28] XM. (2013) Informe de operación del SIN y administración del mercado 2013 [Internet], Medellín, XM. Disponible desde: <<http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/Default.aspx>> [Acceso 29 de abril de 2014].
- [29] XM. (2014) Capacidad efectiva por tipo de generación [Internet], Medellín, XM. Disponible desde: <<http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>> [Acceso 30 de abril de 2014].
- [30] Ministerio de Minas y Energía. (2012) Memorias al Congreso de la República 2012-2013 Sector energía [Internet], Bogotá D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2013/4-Energia.pdf> [Acceso 29 de abril de 2014].
- [31] UPME. (2014) Registro de Proyectos de Generación [Internet], Bogotá, D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Generacion/PROYECTOS_2014_MARZO.pdf> [Acceso 3 de mayo 2014].
- [32] Prias, Omar F. (2010) Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales – PROURE plan de acción 2010-2015 [Internet], Informe Final, Bogotá D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf> [Acceso 19 febrero 2014].
- [33] Portafolio. (2011) Colombia promueve la energía geotérmica [Internet], Bogotá D.C., EL TIEMPO. Disponible desde: <http://www.portafolio.co/detalle_archivo/DR-19528> [Acceso 21 de enero 2014].
- [34] Corpoema. (2010) Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE) [Internet], Volumen 2, Bogotá D.C., UPME. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf> [Acceso 5 de mayo de 2014].
- [35] Corpoema. (2010) Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE) [Internet], Volumen 1, Bogotá D.C., UPME. Disponible desde: <http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_1_Plan_Desarrollo.pdf> [Acceso 5 de mayo de 2014].
- [36] EPM. (s.f.) Parque Eólico Jepirachi [Internet], Medellín, EPM. Disponible desde: <<http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/ParqueE%C3%B3lico.aspx>> [Acceso 31 de enero 2014].
- [37] UPME. (2013) Planeamiento energético y energías alternativas en Colombia [Internet], Pasto, Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde <[http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/documents/Noticias/UPME_PERS-N_PlaneamientoEnergetico-EnergiasAlternativas_VF%20\(2\).pdf](http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/documents/Noticias/UPME_PERS-N_PlaneamientoEnergetico-EnergiasAlternativas_VF%20(2).pdf)> [Acceso 29 de abril de 2014].
- [38] UPME. (2013) Informe de Gestión 2013 [Internet], Bogotá, Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/basic-page/3125/pdf/informe_de_gestion_upme_2013.pdf> [Acceso 29 de abril 2014].
- [39] IPSE. (2014) Rendición de cuentas [Internet], Bogotá D.C, Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www.ipse.gov.co/ipse/atencion-ciudadano/seguimiento-spqr/rendicion-de-cuentas/doc_download/1157-informe-rendicion-cuentas-julio-2014> [Acceso 23 de diciembre de 2014].
- [40] AWARALA Central Eléctrica S.A. E.S.P. (s.f.) [Internet], Bogotá D.C., AWARALA-Central Eléctrica. Disponible desde: <<http://www.awarala.com/>> [Acceso 3 de mayo de 2014].
- [41] IPSE. (2014) IPSE promueve la eficiencia energética [Internet], Bogotá D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <<http://www.ipse.gov.co/ipse/comunicaciones-ipse/noticias-ipse/886-ipse-promueve-la-eficiencia-energetica>> [Acceso 13 de mayo de 2014].
- [42] UPME. (2013) Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia [Internet], Bogotá D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/article/1768/files/Atlas%20de%20Biomasa%20Residual%20Colombia_.pdf> [Acceso 16 de febrero de 2014].
- [43] Ministerio de Minas y Energía. (s.f.) Regulación en materia nuclear [Internet], Bogotá D.C., Ministerio de Minas y Energía. Disponible desde: <http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_>

subcategoria=238&id_categoria=68> [Acceso 13 de mayo de 2014].

[44] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2013) (s.f.) Estadísticas generales para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio [Internet], Bogotá

D.C., *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Disponible desde: <http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosGestion/cambio_climatico/mdl/301013_estrat_proy_mdl_oct_2013.pdf> [Acceso 13 de mayo de 2014].