

ANEXO 2

“ANÁLISIS DEL SISTEMA ENERGÉTICO Y DE LAS SMART GRIDS EN COLOMBIA”.

TABLA DE CONTENIDO

Análisis del sistema energético y de las <i>Smart Grids</i> en Colombia.....	6
1 Gobierno y el papel del Estado.....	7
2. Disponibilidad de fondos: inversión en infraestructura.....	9
3. Mitigación de CO ₂	11
4. Igualdad, acceso a la energía y pobreza	14
5. Economía Global.....	17
6 Precios de la energía	19
7 Aceptación ciudadana	21
8 Eficiencia energética por sector.....	22
9 Los desarrollos tecnológicos	24
10 Pobreza energética	51
Bibliografía.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 El Mundo en el 2050 según el WEC (World Energy Council, 2013)	6
Figura 2 Emisiones de CO ₂ en el 2050 en el escenario Jazz y Sinfonía (World Energy Council, 2013).....	12
Figura 3 Emisiones de CO ₂ en el Mundo a 2014 (Revista Semana, 2013).....	12
Figura 4 Emisiones de CO ₂ en Colombia de 1989-2011 provenientes del consumo de combustibles fósiles (EIA, 2013).....	13
Figura 5 Aumento de temperatura en Colombia y lluvias en el futuro (World Bank, 2014)	14
Figura 6 Brecha de pobreza con 1,25 dólares al día (PPP)% (World Bank, 2014)	15
Figura 7 Crecimiento de la población en los dos escenarios en el 2050 (World Energy Council, 2013).....	16
Figura 8 Proyecciones de Población 1985-2020 Colombia (Universidad de los Andes, 2012)	16
Figura 9 PIB per cápita (miles de EE.UU. \$ 2.010 por habitante en MER) (World Energy Council, 2013).....	17
Figura 10 PIB en Colombia comparado con países en desarrollo y Latinoamérica (World Bank, 2014)	18
Figura 11 Precio Promedio Bolsa Energía Eléctrica Mes (\$KWh) (UPME, 2014).....	20
Figura 12 Precio de la Gasolina y del ACPM en Colombia (UPME, 2014)	20
Figura 13 Balance Energético de Colombia 2011 (International Energy Agency, 2014)...	27
Figura 14 Proyección de demanda nacional de gas natural (UPME, 2014).....	28
Figura 15 Precios del gas natural en Boca de Pozo- US MBTU (UPME, 2014)	29
Figura 16 Proyección de demanda de gasolina según escenarios de Crecimiento 2010-2030 (UPME, 2014)	30
Figura 17 Proyección de demanda de diésel según escenarios de Crecimiento 2010-2030 (UPME, 2014)	30
Figura 18 Vive Digital Telecomunicaciones en Colombia. (Colombia Inteligente, 2014)...	31
Figura 19 suscripciones a Banda Ancha por 100 habitantes (ITU, 2013)	32
Figura 20 Porcentaje de personas utilizando Internet (ITU, 2013)	33

Figura 21 Suscripciones a telefonía móvil por 100 habitantes (ITU, 2013).....	34
Figura 22 Agentes del Sector Eléctrico colombiano (XM, 2013).....	38
Figura 23 Participación por tipo de planta generadora (COCIER, 2014)	40
Figura 24 Sistema de Transmisión Nacional (UPME, 2014).....	41
Figura 25 Proyección de demanda de Energía en Colombia y capacidad instalada al 2026 (UPME, 2013)	42
Figura 26 Sistema SIEPAC (UPME, 2013)	45
Figura 27 Generación Distribuida: Red de Plantas menores en Colombia (UPME, 2013)	50
Figura 28 Generación Distribuida: Red de Plantas menores en Colombia (<10 MW) (UPME, 2013)	51
Figura 29 Población sin acceso a la Energía (World Energy Council, 2013)	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normas de Eficiencia Energética en Colombia (CIDET, 2012)	8
Tabla 2 Potenciales y metas de ahorro en Colombia (Consejo Colombiano de Eficiencia Energética, 2014)	23
Tabla 3 Potencial de Geotermia en Colombia (UPME, 2014).....	37
Tabla 4 Demanda anual máxima MW (COCIER, 2014)	38
Tabla 5 Tasa crecimiento demanda máxima SIN (%) (COCIER, 2014)	38
Tabla 6 Demanda Anual Energía GWH (COCIER, 2014)	39
Tabla 7 Tasa crecimiento demanda energía SIN (%) (COCIER, 2014).....	39
Tabla 8 Exportaciones e importaciones Colombia – Panamá (COCIER, 2014).....	44
Tabla 9 Exportaciones e importaciones Colombia – Venezuela (COCIER, 2014)	44



A2 - ANÁLISIS DEL SISTEMA ENERGÉTICO Y DE LAS *SMART GRIDS* EN COLOMBIA

En la Figura 1 se aprecia cómo será el mundo en el año 2050 según el WEC, con base en esta información se comenzará a proponer y a identificar variables y aspectos que influenciarán el futuro para el desarrollo e implementación de las redes inteligentes en Colombia.

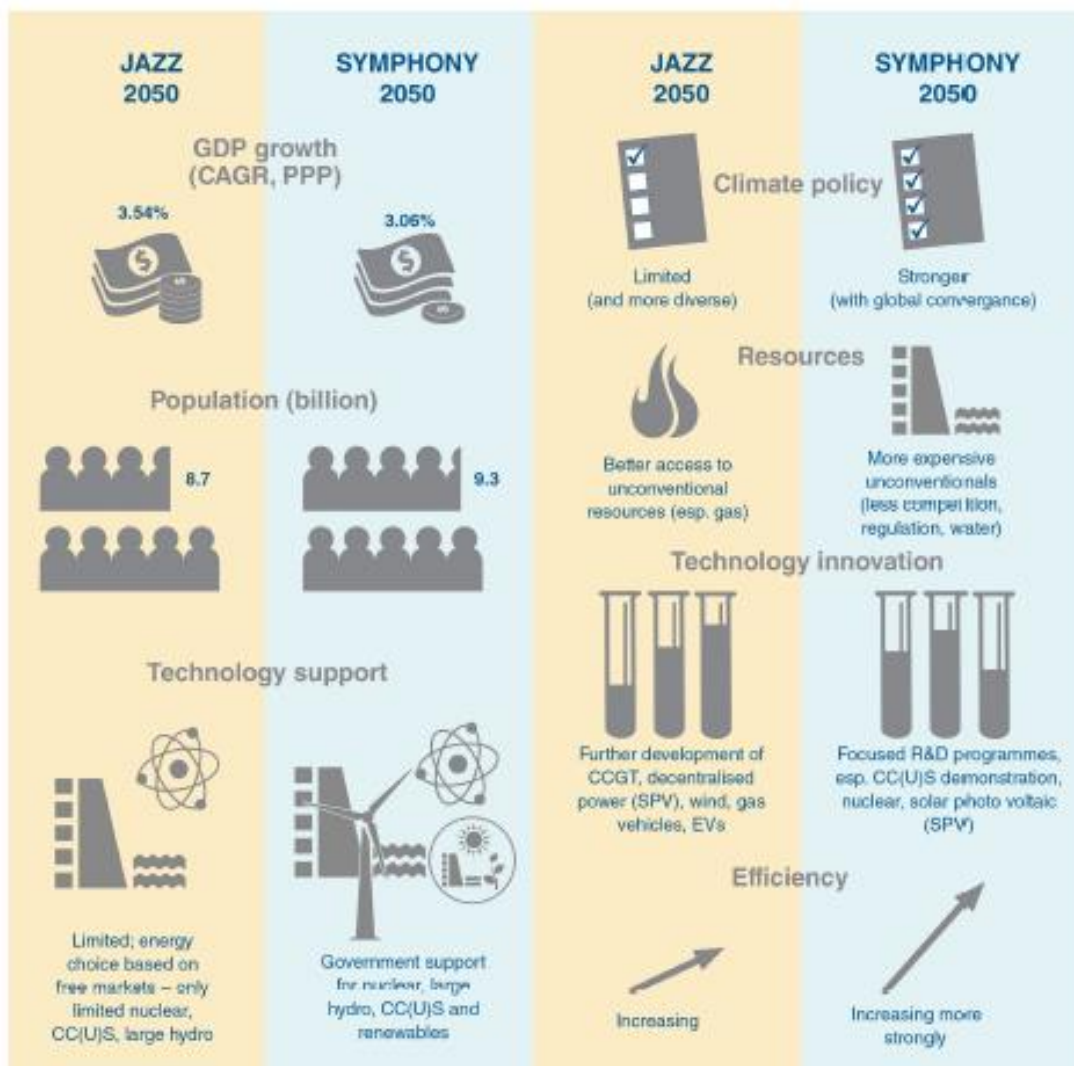


Figura 1 El Mundo en el 2050 según el WEC (World Energy Council, 2013)

El estudio de escenarios del WEC se estructuró analizando los siguientes grupos, por esta razón se partirá de los grupos pertinentes para conocer el presente y el futuro en Colombia.

1. Gobierno y el papel del Estado
2. Disponibilidad de fondos: inversión en infraestructura
3. Mitigación de CO₂
4. Igualdad, acceso a la energía y la pobreza
5. Economía Global
6. Precios de la energía
7. Consumidor / aceptación ciudadana
8. Eficiencia energética
9. Los desarrollos tecnológicos.
10. Seguridad del suministro
11. China e India
12. pobreza energética
- 13 Fuentes de energía
- 14 Competencia por los recursos
- 15 escasez de competencias

1 Gobierno y el papel del Estado

El gobierno tiene una amplia gama de herramientas disponibles, incluyendo un mercado eléctrico de libres competencias, los acuerdos internacionales, la política energética y las iniciativas de regulación y los subsidios a los combustibles tanto para energías renovables como fósiles.

Los gobiernos desempeñan un papel crucial en la provisión de los marcos jurídicos y regulatorios para el diseño y funcionamiento de los mercados de energía, por ejemplo, en la eficiencia energética, ofreciendo incentivos financieros o suministrando información a los consumidores sobre su potencial de reducción de emisiones de carbono.

En el caso colombiano, se cuenta con la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía, mostrando el interés que actualmente existe por este tema con alto potencial para el futuro, ya que esta norma pretende facilitar a las organizaciones empresariales establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético. (COLCIENCIAS, 2013)

En Colombia existen normas sobre eficiencia energética, referida principalmente al consumo de ciertos dispositivos, como bombillas, sistemas de energía solar,

calentadores, refrigeradores y equipos de aire acondicionado como se aprecia en la Tabla 1, los cuales han sido impulsados por parte del Gobierno Nacional.

Tabla 1 Normas de Eficiencia Energética en Colombia (CIDET, 2012)

Norma	Nombre
NTC 4360	electrotecnia. eficiencia energética. tubos fluorescentes de arranque instantáneo. límites de eficacia.
NTC 4361	electrotecnia. eficiencia energética. tubos fluorescentes de arranque rápido. límites de eficacia.
NTC 4362	electrotecnia. eficiencia energética. tubos fluorescentes circulares. límites de eficacia.
NTC 4364	electrotecnia. eficiencia energética. bombillas fluorescentes compactas. límites de eficacia.
NTC 4366	eficiencia energética en acondicionadores de aire para recintos. rangos de eficiencia y etiquetado.
NTC 4368	eficiencia energética. sistemas de calentamiento de agua con energía solar y componentes.
NTC 4405	eficiencia energética. evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.
NTC 5020	eficiencia energética en artefactos refrigeradores, refrigeradores - congeladores y congeladores para uso doméstico.
NTC 5101	eficiencia energética. bombillas fluorescentes compactas. rangos de desempeño energético y etiquetado.

De igual forma, la Ley 1715 de 2014 promueve el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, así como el fomento de la inversión, la investigación y el desarrollo en tecnologías limpias. Con esta norma, Colombia continúa dando pasos importantes en el desarrollo de un sistema energético más limpio, que involucre a las administraciones públicas, a la empresa privada y a las autoridades locales, incentivando la penetración de las fuentes no convencionales de energía con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica.

Mediante esta Ley las energías renovables se declaran como asunto de utilidad pública, de interés social y de conveniencia nacional, dado el carácter substancial que tiene la utilización de estas fuentes no convencionales en la protección del medio ambiente y en el uso eficiente de la energía.

El Gobierno Nacional cuenta con alto interés en los temas energéticos del país e implementará un programa destinado a sustituir progresivamente la generación con diésel en las Zonas No Interconectadas (ZNI) con el objetivo de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases contaminantes. Además, se creará el Fondo de

Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía para financiar programas de eficiencia energética- FENOGE. (Ministerio de Minas y Energía, 2014)

Algunos ejemplos de apoyo gubernamental ya se pueden apreciar en el caso del transporte urbano, con la flota de los taxis eléctricos en Bogotá, los cuales no pagaron cupo y no tienen pico y placa, entre otros beneficios, en vista de que no tienen impacto negativo alguno en la calidad del aire. (El Tiempo, 2013)

Actualmente no se han definido los beneficios tributarios para las empresas que utilicen vehículos eléctricos en el país. Sin embargo, se han establecido algunas medidas de beneficios tributarios para la promoción e implementación de transporte que utilicen tecnologías de tracción eléctrica, como lo dispone el proyecto de ley 023 de 2010, en el cual se establece lo siguiente (CIDET, 2012):

- Artículo 4°. Incentivo empresarial. Los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y el de Comercio, Industria y Turismo, establecerán medidas arancelarias que reduzcan el gravamen para la importación de la tecnología, equipos y vehículos asociados al sistema de transporte que utilice para su tracción energía eléctrica, el cual estará comprendido entre el cero por ciento (0%) y el cinco por ciento (5%).
- Artículo 5°. Exenciones en el impuesto sobre vehículos. Las asambleas departamentales y los concejos municipales y distritales, podrán fijar exenciones comprendidas entre el diez por ciento (10%) y el cuarenta por ciento (40%) en el impuesto sobre vehículos automotores, cuando estos vinculen o incorporen tecnologías de tracción eléctrica.
- Artículo 6°. Estímulos al uso. Los Alcaldes Municipales y Distritales, adoptarán medidas que incentiven el uso de vehículos que incorporen tecnología de tracción eléctrica, entre las cuales podrán contemplar la eliminación de restricciones de circulación o pico y placa y la creación de zonas de estacionamiento.

2. Disponibilidad de fondos: inversión en infraestructura

En Colombia se espera que se sigan realizando inversiones en conectividad a la red y el desarrollo de *Smart Grids*, que conduzcan a un mayor conocimiento y generación de datos importantes en el consumo y en los patrones de uso de la energía de las personas, para mejorar el pronóstico de la demanda.

Escenario de Jazz

Finanzas: La financiación privada y el capital estarán disponibles, los bancos prestan a tasas de interés aceptables.

Inversiones: La mayoría de las plantas están envejecidas y serán sustituidas por plantas más eficientes. Las plantas de carbón serán reemplazadas por plantas más eficientes o con base en gas.

Escenario Sinfonía

Finanzas: La mayor parte del capital requerido para infraestructuras de energías renovables es proporcionada por los gobiernos, junto con las garantías para los proyectos de energía.

El financiamiento del sector privado es limitado debido a la incertidumbre regulatoria en la primera parte del período del escenario. Los fondos destinados a las iniciativas de bajas emisiones de carbono comenzarían a desviar fondos de otras prioridades del gobierno, tales como la salud y otros programas de importancia social. Hay menos apoyo gubernamental para superar la pobreza energética.

Inversiones: Las inversiones se realizan en su mayoría por los gobiernos, la inversión privada se limitará debido a obstáculos e incertidumbres regulatorias.

Actualmente en Colombia las inversiones para proyectos de *Smart Grids* se realizan con el capital de las empresas privadas y se tienen dificultades relacionadas a cómo debe de ser el proceso de retorno de las inversiones. En el artículo “Regulación para el fomento de las energías alternas en el mercado colombiano”, los autores encontraron que en general, las experiencias exitosas en proyectos con tecnologías de energía alternativas muestran que se requiere un compromiso del gobierno mediante la implantación de políticas y medidas regulatorias que promuevan la inversión en estos proyectos, como en los países europeos y Norteamérica. (Botero, 2013).

Adicionalmente, el estudio *Technology Roadmap Smart Grids*, afirma que debido a la complejidad del sistema, el mercado por sí solo no va a implementar las *Smart Grids* en la escala necesaria, sino que se requiere la asociación de los sectores públicos y privados, principalmente en términos de inversión y políticas favorables para adoptar la tecnología. (International Energy Agency, 2013)

Las políticas de inversión del país, apoyan la financiación privada y los bancos prestan a tasas de interés aceptables.

Esto se debe a que el sector eléctrico en Colombia ha evolucionado de manera significativa durante los últimos 20 años, siendo hoy un sector eficiente y con prácticas de talla mundial. Esta tendencia seguirá en aumento, para las próximas décadas, tanto por el crecimiento de la inversión extranjera directa en Colombia, como por el crecimiento de las multinacionales colombianas que invierten en el exterior.

Actualmente, el sector eléctrico colombiano cuenta con una agenda público-privada, asegurando el abastecimiento de energía eléctrica del país mediante subastas a mediano y largo plazo, y el interés de convertir a Colombia en el principal jugador de la integración energética regional. (Proexport Colombia, 2013)

Además las leyes 142 (Ley de Servicios Públicos) y 143 (Ley Eléctrica) de 1994 dieron un importante cambio en la política eléctrica colombiana, reestructurando y modernizando el sector, estableciendo un modelo de libre competencia y libre actividad económica y propiedad privada para la prestación del servicio de energía eléctrica, y asignando un nuevo papel del Estado como ente regulador, de vigilancia y control.

A continuación se presentan tres factores favorables para el país, los cuales se espera que se seguirían fortaleciendo (Proexport Colombia, 2013):

- Las tres principales calificadoras de riesgo mundial, Standard and Poor's, Moody's y Fitch, garantizan que Colombia es un país seguro para invertir, asignándole al país el grado de inversión.
- Según JP Morgan Colombia es el segundo país más atractivo para invertir en América Latina en los próximos 3 años.
- Así mismo, el Banco Mundial (Doing Business, 2011) entre 183 países cataloga a Colombia como el quinto país en el mundo y primero en Latinoamérica que más protege a los inversionistas.

3. Mitigación de CO₂

En la Figura 2 se observa el comportamiento global de las emisiones de CO₂ para los dos escenarios, donde Sinfonía presenta una reducción significativa de las emisiones en los próximos años, por el fuerte compromiso de las personas y los gobiernos de preservar el medio ambiente.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy*
Scenarios 2050, Energy Trilemma 2013 y Issues Map Monitor 2013

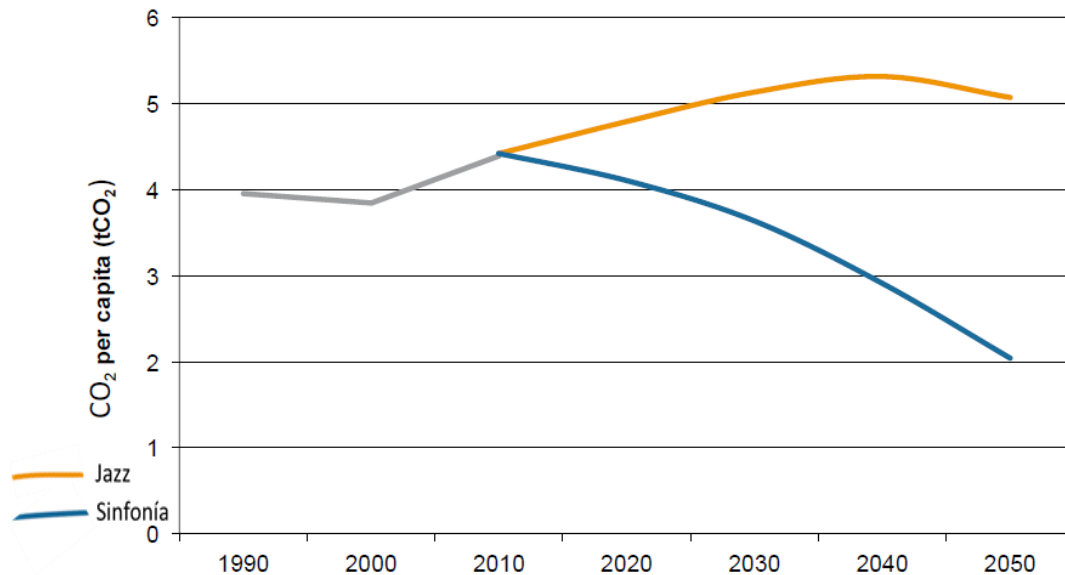


Figura 2 Emisiones de CO₂ en el 2050 en el escenario Jazz y Sinfonía (World Energy Council, 2013)

La Figura 3 permite observar que las emisiones de CO₂ del país son demasiado bajas comparadas con países como China, Estados Unidos e India.

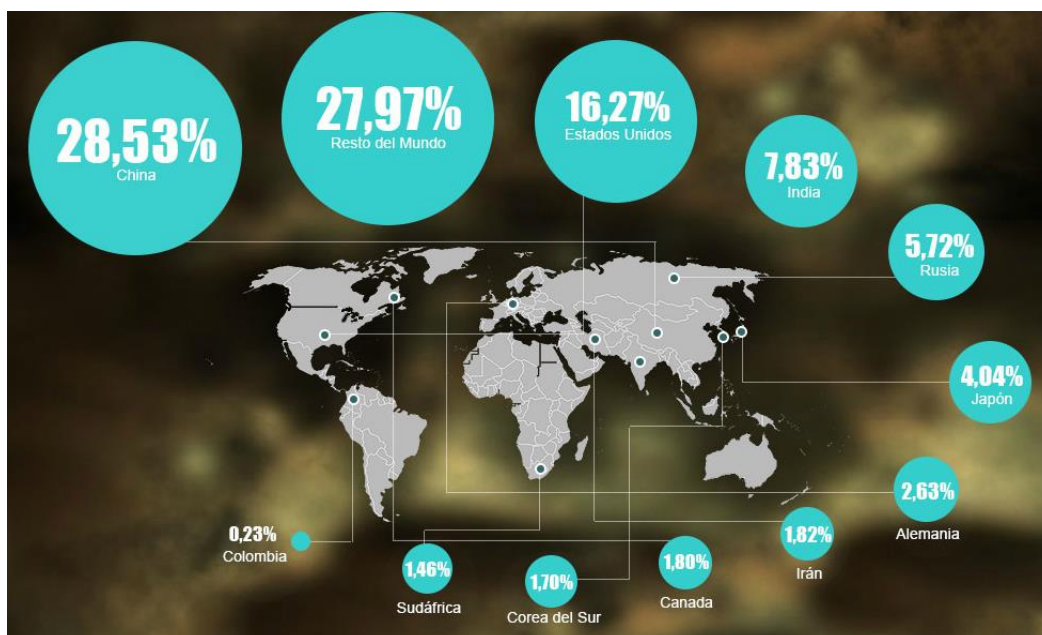


Figura 3 Emisiones de CO₂ en el Mundo a 2014 (Revista Semana, 2013)

A pesar de que Colombia tiene bajas emisiones, actualmente tiene un compromiso fuerte con el medio ambiente. En el documento “Colombia en las negociaciones internacionales de cambio climático” de la Cancillería de Relaciones Exteriores de Colombia, se afirma que a pesar de que el país no ha contribuido de manera significativa al cambio climático, está comprometido con apoyar la solución de este problema global. (Cancillería Ministerio de Relaciones Exteriores, 2013). Colombia considera que es necesario llegar a acuerdos multilaterales, que garanticen la integridad ambiental a través de la definición de compromisos vinculantes, porque de lo contrario, las consecuencias pondrán en riesgo las posibilidades de desarrollo sostenible.

Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático, esto se debe a su posición geográfica en latitudes tropicales, la sensibilidad climática de sectores como agricultura e infraestructura, además de su baja capacidad para atender fenómenos como inundaciones, sequías o deslizamientos de tierra, entre otros, por estas y muchas otras razones para el país la adaptación es una prioridad.

Considerando las proyecciones de la Figura 4 las emisiones de CO₂ en Colombia seguirán aumentando. Este aspecto favorece la incorporación de muchos elementos de las *Smart Grids* y es prometedor para su futuro desarrollo, debido a que por ejemplo las personas podrían incluso estar dispuestas, con tal de reducir el impacto ambiental, a pagar una tarifa por los servicios un poco más elevada y/o las compañías incentivarían la incorporación de nuevas tecnologías que logren hacer los procesos más eficientes.

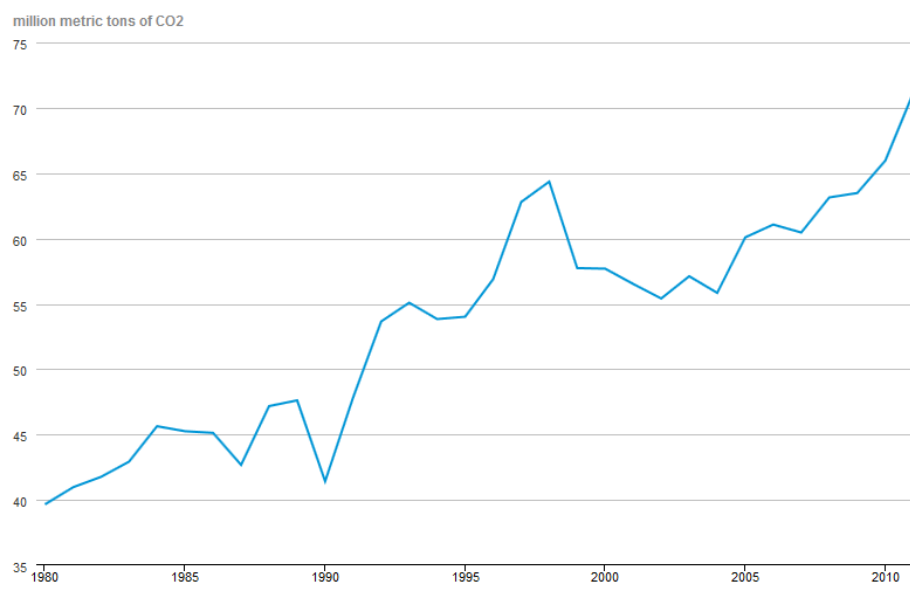


Figura 4 Emisiones de CO₂ en Colombia de 1989-2011 provenientes del consumo de combustibles fósiles (EIA, 2013)

At a Glance		
Temperature	Projected increase	▲ 1°C to 2.5°C by 2100
Rainfall	Projected increase in San Andrés Islands	▲ 15% by 2050 20% by 2080
	Projected decrease in 20% of country	▼ -30% to -10% for 2011-2050

Figura 5 Aumento de temperatura en Colombia y lluvias en el futuro (World Bank, 2014)

Igualmente Colombia hace parte de la Agencia Internacional de Energía Renovable IRENA, teniendo presente que el desarrollo del sector energético colombiano, su importancia como sector estratégico a nivel nacional y regional y la necesidad de mantener su consolidación con criterios de sostenibilidad, motivaron la decisión del país de ingresar a esta organización. Con el ingreso de Colombia a IRENA se pone de manifiesto el compromiso con la eficiencia energética y la contribución en la lucha contra el cambio climático, objetivo que se comparte con Alemania, país con el cual se mantiene un estrecho diálogo sobre este tema.

El IRENA busca el reemplazo progresivo de energías fósiles por la utilización de energías renovables, con criterios de eficiencia tecnológica, para lo cual plantea la adopción, promoción y fortalecimiento de políticas, el mejoramiento de los marcos regulatorios, la adopción de normas internacionales, la transferencia de tecnologías y la creación de mejores medios de financiamiento para su producción.

4. Igualdad, acceso a la energía y pobreza

En la Figura 6 se aprecia una tendencia de reducción significativa de la pobreza en el país, además el gobierno actual está comprometido con una ambiciosa estrategia para poner fin a la pobreza extrema en Colombia para el año 2020, actualmente ya hay 17 zonas en el país libres de pobreza extrema, algunas son corregimientos otras veredas. (Caracol Radio, 2012)

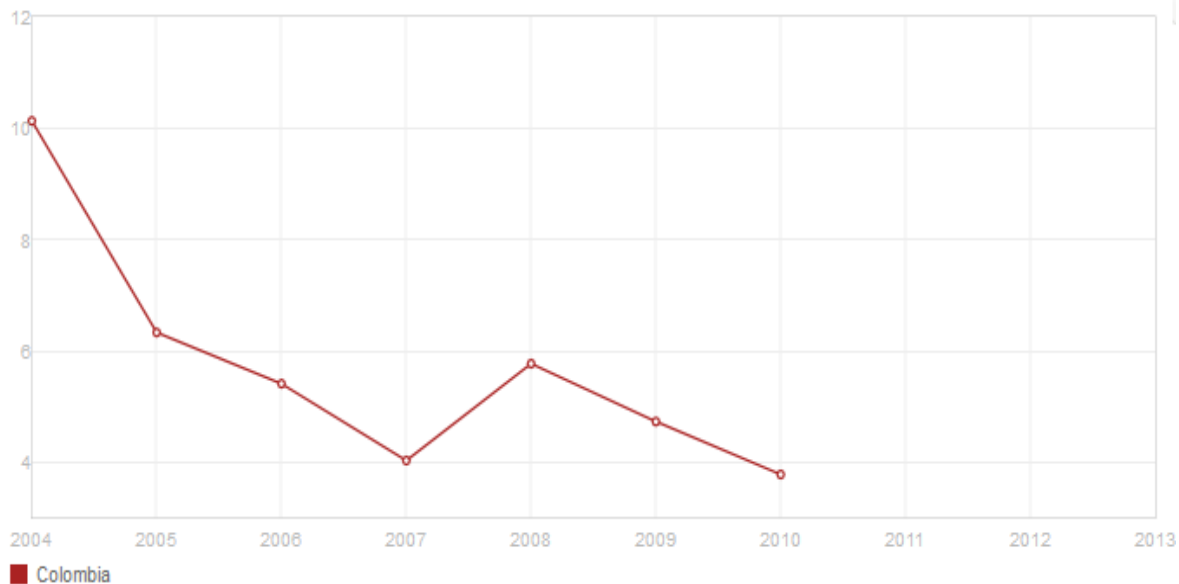


Figura 6 Brecha de pobreza con 1,25 dólares al día (PPP)% (World Bank, 2014)

Sin embargo, de acuerdo con el índice GINI para medir la desigualdad, Colombia se encuentra aún muy rezagado, además este indicador no presentó ninguna variación a nivel nacional y se mantuvo estable, del 2012 al 2013, en 0,539. (World Bank, 2014).

Población

El panorama energético para el 2050 será muy diferente de la forma en que se ve hoy en día. Conocer la demanda futura de energía será un desafío clave, teniendo presente que la población del mundo pasará de aproximadamente 7 billones en 2013 a 8,7 billones en el escenario Jazz y a 9,4 billones en el escenario Sinfonía en el año 2050.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050, Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

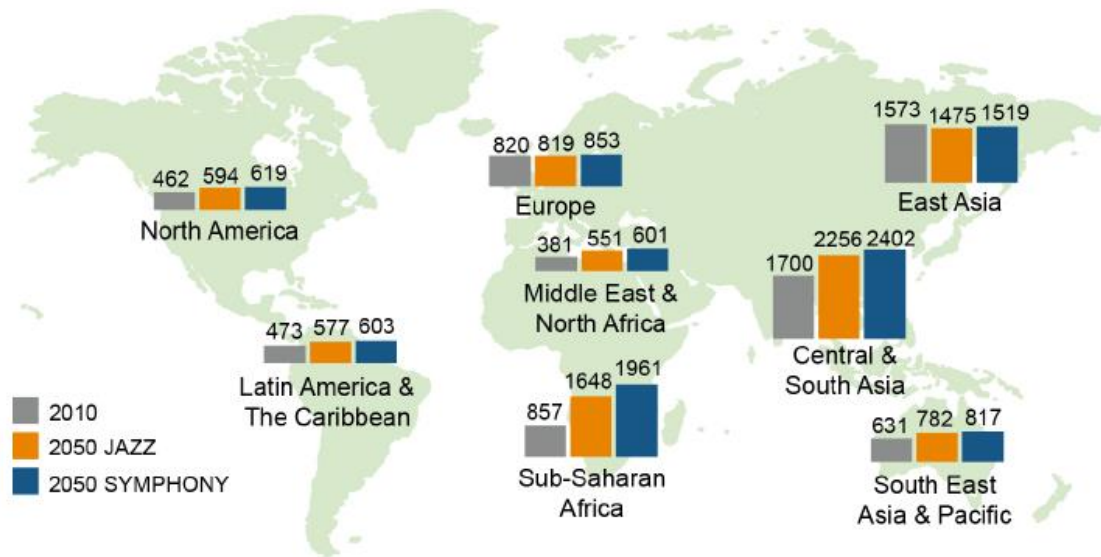


Figura 7 Crecimiento de la población en los dos escenarios en el 2050 (World Energy Council, 2013)

La Figura 8 para Colombia, presenta las proyecciones de crecimiento poblacional según el DANE al 2020 y al igual que en los escenarios Jazz y Sinfonía se mantienen las tendencias de crecimiento.

- ▶ Población inicial: 42.888.592 a 2005
- ▶ Tasa de crecimiento 2000-2005: 1,25%
- ▶ Tasa de crecimiento proyectada 2015-2020: 1,09%
- ▶ Población final: 50.249.912 a 2020

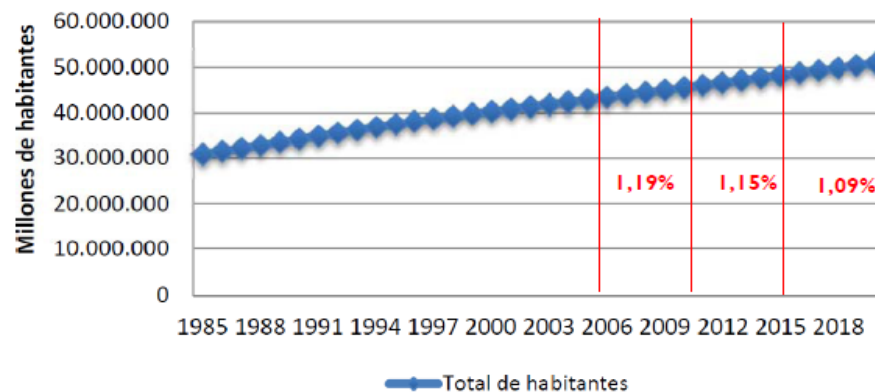


Figura 8 Proyecciones de Población 1985-2020 Colombia (Universidad de los Andes, 2012)

El crecimiento de la población puede conducir a masificar el desarrollo de las tecnologías *Smart Grids*, pues conlleva un aumento en la demanda de energía y la necesidad de atenderla de una manera sostenible, sin requerir la construcción de nuevos proyectos y grandes centrales de alto impacto ambiental y social.

5. Economía Global

La Figura 9 muestra las proyecciones del crecimiento del PIB a nivel mundial, de igual forma se resalta que el PIB en el escenario Jazz será más elevado que en escenario Sinfonía.

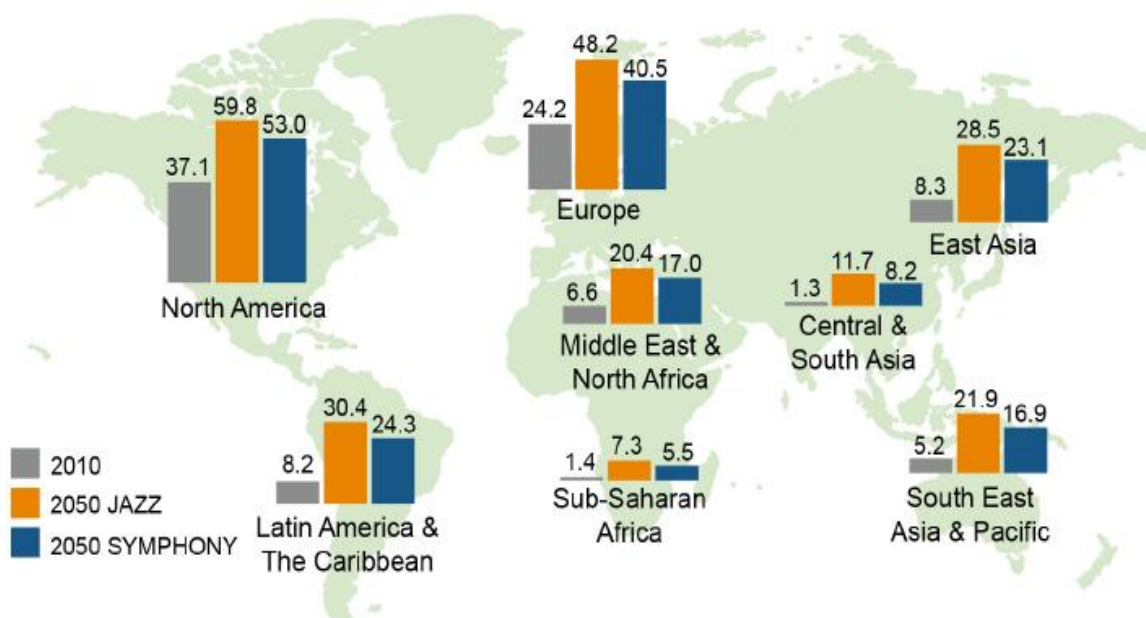
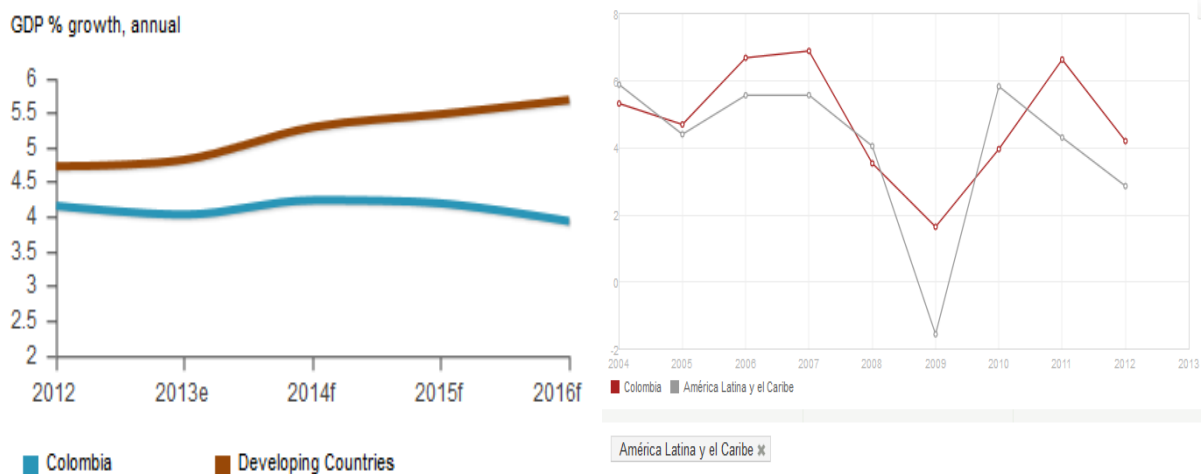


Figura 9 PIB per cápita (miles de EE.UU. \$ 2.010 por habitante en MER) (World Energy Council, 2013)

En la Figura 10 A se presenta una proyección al año 2016 del PIB en Colombia, la gráfica permite comparar el PIB del país con los países en desarrollo, donde se observa que Colombia continua por debajo del promedio de estos, sin embargo en la región latinoamericana (Figura 10 B) Colombia tiene una tendencia sobresaliente.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050, Energy Trilemma 2013 y Issues Map Monitor 2013*



A **B**
Figura 10 PIB en Colombia comparado con países en desarrollo y Latinoamérica (World Bank, 2014)

Según el HSBC, el país dará un gran salto en materia de crecimiento económico, y afirma que si el crecimiento económico de Colombia en los próximos 40 años se mantiene por encima del 4 por ciento anual, ese dinamismo le va a alcanzar para obtener un cupo en el selecto grupo de las 30 mayores economías del mundo. (Portafolio, 2012)

Adicionalmente en la clasificación realizada por la entidad, en el año 2050 Colombia ocupará el puesto 26 entre 200 países, lo cual implica saltar 13 puestos desde su posición actual.

Se estima que el PIB colombiano en 40 años será de 725.000 millones de dólares, frente a un aproximado de 284.000 millones de dólares hoy. Cálculos del HSBC arrojan que por esa época el país tendrá 63 millones de habitantes y el ingreso per cápita pasará de 3.052 dólares en 2010 a 11.530 dólares en el 2050, calculado en precios del año 2000. (Portafolio, 2012)

Se estima que en esta década, la economía colombiana crecerá 4,5 por ciento anual en promedio, uno de los más altos de la lista. Entre los años 2020 y 2040, el incremento será entre 4,2 y 4,1 por ciento y hacia el 2050 el ritmo disminuirá levemente y el país crecerá a una tasa de 4 por ciento.

6 Precios de la energía

Tener una proyección de los precios futuros de la energía continúa siendo un reto, teniendo en cuenta que la incertidumbre presentada en el pasado, se espera que se mantenga en el futuro. El WEC ha formado sus propios puntos de vista sobre cómo los precios de las materias primas energéticas como el petróleo crudo, el gas natural y el carbón se desarrollarán hasta el año 2050.

Escenario Jazz

En el escenario de Jazz, los precios de energía serán menores con un comercio internacional de energía, alentando a mayores exploraciones y facilitando un mayor crecimiento del PIB. Por otro lado, los precios del petróleo serán moderados en el corto plazo, pero con el tiempo se elevan debido a la creciente demanda.

Escenario Sinfonía

Los precios de la energía serán más altos que en el escenario de Jazz. Los precios más bajos y más estables se alcanzan después de la transición más rápida hacia las fuentes de energía renovables. Los precios del petróleo están fuertemente regulados, especialmente en los países en desarrollo. El aumento de los precios de la electricidad, conduce a un aumento de la pobreza energética.

Para el caso colombiano el precio de la energía continúa siendo un factor de preocupación, considerando que según un estudio del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) a 2011, (La Republica, 2013) el sector industrial colombiano tiene uno de los valores más altos de la energía de Suramérica con un valor de US 15,5 centavos por kWh, seguidos por los valores de Chile US 10,7 centavos por kWh y Uruguay con US 10 centavos por kWh. Si se incluye Centroamérica dentro del ranking, Colombia ocuparía el cuarto lugar después de Guatemala, El Salvador y Panamá con US 23,3 centavos, US 19,43 centavos y US 16,95 centavos, respectivamente.

Otro factor de alta importancia en el país está relacionado con la volatilidad de los precios, ya que solo en la parte de generación se depende del clima, porque en un año en el cual se presente el fenómeno de la niña, 80% de energía del país se genera por hidroeléctricas, y se vuelve más barata, pero en un año seco hay que generar con plantas termoeléctricas, que suben el precio de la energía debido a que estas funcionan con gas natural, carbón y otros combustibles más costosos, como se aprecia en la Figura 11.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy*
Scenarios 2050, Energy Trilemma 2013 y Issues Map Monitor 2013

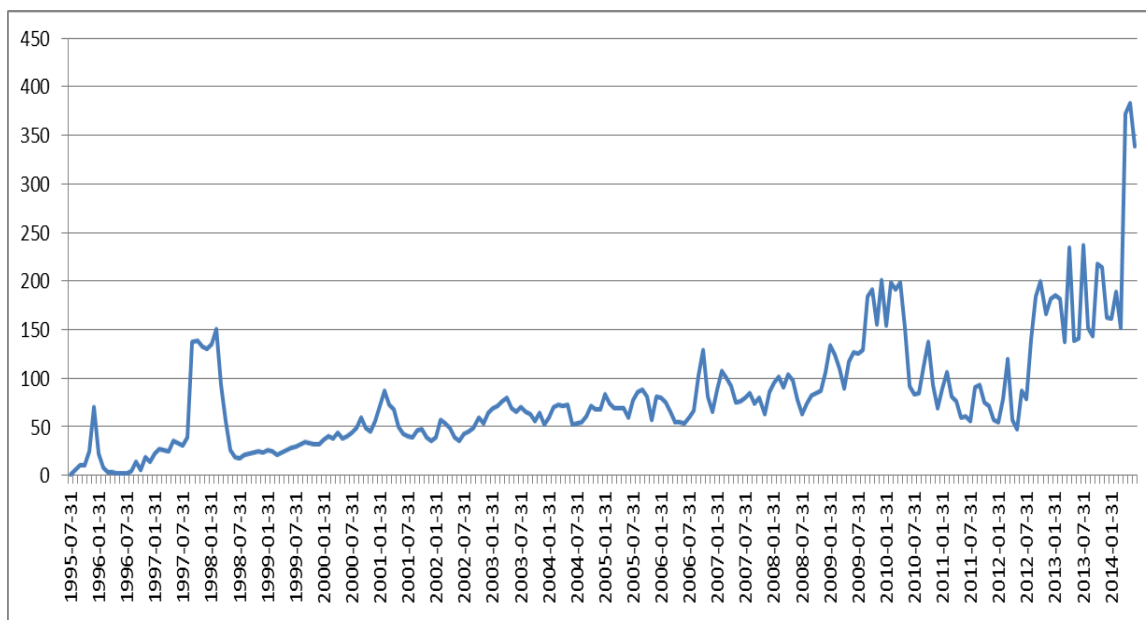


Figura 11 Precio Promedio Bolsa Energía Eléctrica Mes (\$/kWh) (UPME, 2014)

En Figura 12 A y B se pueden apreciar los precios del ACPM y la gasolina en Colombia.

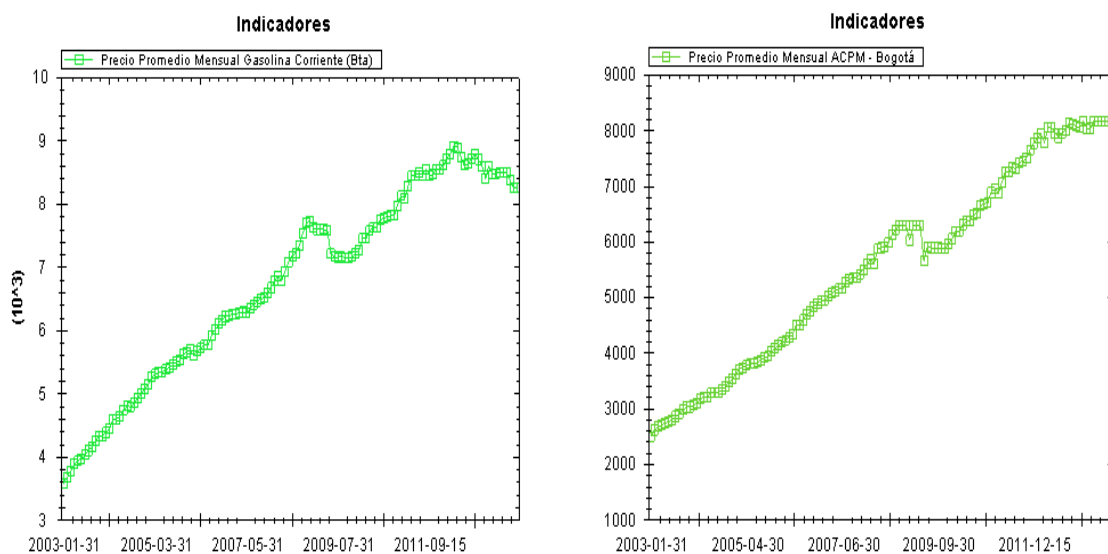


Figura 12 Precio de la Gasolina y del ACPM en Colombia (UPME, 2014)

Las gráficas anteriores permiten observar la tendencia de crecimiento de los precios de la energía en el país, demostrando la importancia de que en el futuro se desarrollen planes que aporten a un mayor acceso a estas fuentes y que sean viables ambientalmente.

7 Aceptación ciudadana

La aceptación del público es ahora un criterio central para la ejecución de grandes proyectos, especialmente para la planificación de infraestructuras en el sector de la energía. Algunos propietarios de los proyectos e incluso los gobiernos se sienten impotentes cuando enfrentan a este problema. Este fenómeno no está solo confinado a la zona de suministro de energía convencional, como combustibles fósiles o fuentes de energía nuclear, sino que se ha extendido incluso a las fuentes de energía renovables, ya que la expansión de las energías renovables puede ser acogida, sin embargo, el público tiene una posición crítica cuando la construcción de los proyectos tiene lugar en su vecindad inmediata.

La aceptación ciudadana no es un fenómeno nuevo, pero actualmente el potencial de movilizar a los ciudadanos es mayor comprometiendo la construcción y puesta en marcha de grandes proyectos.

Teniendo como base los escenarios del WEC, el Jazz se centra en la asequibilidad y el acceso a la energía. Como resultado, la aceptación pública de los proyectos de infraestructura energética es alta, siempre y cuando sea compatible con el acceso a fuentes de energía baratas, pero en el escenario Sinfonía, hay una tensión entre el consenso de un votante en la conducción de la sostenibilidad ambiental que se refleja en las decisiones del gobierno.

La falta de aceptación social a los proyectos energéticos puede frenar de manera drástica la implementación de proyectos de *Smart Grids* y este factor debe ser considerado en el futuro para evitar problemas como los que se están presentando actualmente con las grandes centrales hidroeléctricas.

En relación con las *Smart Grids*, los usuarios comienzan a preocuparse por temas como la medición inteligente, citando preocupaciones sobre la precisión del medidor, seguridad de datos, ataques cibernéticos y la salud, además de problemas relacionados con la confidencialidad debido a que el flujo de información bidireccional permite saber con precisión cuando las personas están en casa, cuántas personas viven ahí, que equipos poseen y cuando los utilizan, entre otros.

Tomando como referencia a Estados Unidos, este país ha estado trabajando en conocer las necesidades específicas de su población relacionadas con *Smart Grids*, buscando desarrollar una mejor aceptación y desarrollo de los proyectos, como es el caso de la *Smart Grid Consumer Collaborative* – SGCC, que es una plataforma que busca utilizar los esfuerzos de colaboración para ayudar a educar e involucrar a los consumidores sobre los

beneficios de la red inteligente. SGCC realiza investigaciones profundas sobre los consumidores y la colaboración en materias de consumo (Smart Grid Consumer Collaborative, 2014). SGCC también ha realizado estudios cuantitativo de una amplia representación de la opinión pública con el fin de obtener información acerca de las prioridades de los consumidores en relación con las redes inteligentes, contadores inteligentes y la modernización de la red, siendo este un caso de alta aplicabilidad para las *Smart Grids* en el país, ya que conocer a fondo las necesidades específicas de los clientes va a permitir prestarles un mejor servicio y que estos deseen participar activamente de todas las aplicaciones y beneficios.

8 Eficiencia energética por sector

El ahorro y la eficiencia energética en el escenario Sinfonía están bien desarrollados, debido a que la perspectiva de los precios más altos se imponen en mercados eficientes con el fin de reducir los costos. La eficiencia energética es impulsada por las mejoras tecnológicas, de manera que los costos se reflejen en los precios de mercado y en ausencia de subsidios a la energía.

La eficiencia energética es un tema de alto interés y trabajo desde hace algunos años en el país, donde se cuenta con varias iniciativas, proyectos y normatividad.

Sistema de Gestión Integral de la Energía

Se desarrolla en el ámbito de tres etapas fundamentales; Decisión estratégica, Instalación y operación y se implementa en forma de sistema, con el propósito de aprovechar integralmente todos los recursos disponibles en la empresa y analizar en forma estratégica a la organización en función de la eficiencia con impacto en la productividad. (SI3EA, 2014).

En Colombia existen antecedentes de elaboración de modelos de gestión energética para el sector productivo que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

- Modelo de control del consumo energético
- Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas
- Modelo de mejora continua de la eficiencia energética

- Modelo de Gestión Integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos.

De igual forma la resolución 180919 del 01 de junio de 2010, para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, PROURE busca aprovechar al máximo la energía, sin perder la calidad de vida que brindan los servicios que se reciben de ella. (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

El Programa Colombiano de Normalización, Acreditación, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía PROGRAMA CONOCE

El programa CONOCE como parte integral de la estrategia energética colombiana, busca consolidar mejores condiciones de mercado para los equipos de uso final de energía que presenten un mejor desempeño energético y de esta forma propender por su masificación en Colombia, manteniendo o mejorando la calidad de vida y el confort de los ciudadanos, incrementará la productividad y la competitividad de los sectores productivos nacionales, garantizando a largo plazo su permanencia en el mercado y ofreciéndole perspectivas de ampliar sus competencias a mercados internacionales. (SI3EA, 2014)

Consejo Colombiano de Eficiencia Energética- CCEE

El CCEE trabaja por una Colombia con mayor eficiencia energética y mayor uso de energías renovables. La idea surge en el 2010 con la necesidad de agrupar y organizar el tema energético en Colombia, y de consolidar el mercado de eficiencia energética y de energías renovables. (Consejo Colombiano de Eficiencia Energética, 2014)

Como se puede apreciar existen en el país numerosas medidas en pro de aumentar la eficiencia energética en el sector, lo que lleva a que se tengan prometedores potenciales de ahorro hacia el futuro, las cuales ayudarán a reducir la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2 Potenciales y metas de ahorro en Colombia (Consejo Colombiano de Eficiencia Energética, 2014)

Sector	Potencial de ahorro de energía a 2015 (%)		Meta de ahorro de energía a 2015 (%)	
A nivel nacional	Energía Eléctrica	20,3	Energía Eléctrica	14,8
			Otros Energéticos	2,10
Residencial	Energía Eléctrica	10,6	Energía Eléctrica	8,66
			Otros Energéticos	0,55
Industrial	Energía Eléctrica	5,3	Energía Eléctrica	3,43
			Otros Energéticos	0,25

Sector	Potencial de ahorro de energía a 2015 (%)	Meta de ahorro de energía a 2015 (%)
Comercial, público y servicios	Energía Eléctrica 4,4	Energía Eléctrica 2,66
Transporte	Otros Energéticos 0,44	Otros Energéticos 0,33

9 Los desarrollos tecnológicos

El desarrollo tecnológico y su implementación es un tema clave en la provisión de un suministro seguro de energía.

En el escenario de Jazz, las opciones tecnológicas son impulsadas en gran medida por los precios en mercados competitivos. El carbón seguirá siendo un combustible importante para la generación de energía y la reducción de carbono será inicialmente por un cambio al gas, así como por la sustitución de carbón por biomasa a partir de residuos agrícolas o industriales y energías renovables como eólica, solar, geotérmica e hidráulica.

En este escenario, habrá oportunidades para los mega proyectos con inversiones internacionales, de igual forma los precios impulsarán el desarrollo de las redes inteligentes y otras iniciativas relacionadas con la demanda.

Tecnologías desde la oferta y la demanda en el escenario Jazz

- Tecnologías: La innovación tecnológica está impulsada por las empresas con presupuestos importantes de I + D.
- Tecnologías limpias del carbón: aumenta generación de energía más eficiente, especialmente en los países en desarrollo.
- Generación de gas: Un mayor desarrollo de la tecnología de ciclo combinado con turbinas de hidrógeno. Las pilas de combustible se convierten en una opción viable.
- La electrificación del transporte público urbano sigue dependiendo del apoyo de la política del gobierno.
- Vehículos Eléctricos: El petróleo es todavía una necesidad para la mayoría de la demanda de transporte, incluso en 2050.
- Solar: Las tecnologías solares despegaran más en el futuro, impulsado por tecnologías futuras y emergentes.
- Biocombustibles: El crecimiento depende de la interacción entre los mercados de etanol y azúcar, la tolerancia para el cultivo de biocombustibles y el precio del petróleo.

En el escenario Sinfonía habrá menos desarrollo de gas no convencional, la mayoría de los países tienen políticas de eficiencia energética proactivas, que permiten promover las *Smart Grids* y otras medidas relacionadas con la demanda para gestionar la intermitencia de las nuevas energías renovables.

Algunos países promoverán la energía nuclear y algunas energías renovables como solar, bioenergía y un poco de CCS.

Tecnologías desde la oferta y la demanda en el escenario Sinfonía

- Los países en vía de desarrollo utilizarán gas no convencional para el mercado nacional, mientras que otros deciden no explorar su gas.
- Los países van a desarrollar diferentes estrategias para la descarbonización del transporte basado en parte o en la totalidad de biocombustibles, vehículos eléctricos e híbridos, pilas de combustible y una infraestructura de hidrógeno.
- Algunos países impondrán impuestos sobre el carbono, otros desarrollarán o se unirán a los esquemas de comercio de emisiones.
- En este escenario, las renovables más caras podrían ser favorecidas con los desarrolladores de tecnología que persiguen los subsidios gubernamentales.
- Tecnologías: Hay un mayor nivel de transferencia de tecnología baja en carbono en los países en desarrollo.
- Generación de gas: Un mayor desarrollo de la turbina de gas de ciclo combinado, de igual forma se utilizan plantas de carbón con CCS.
- La electricidad, junto con otras alternativas como gas natural, hidrógeno y biocombustible representan más del 30% del uso de energía en los automóviles para el año 2050.

Colombia

En el aspecto de CO₂, Colombia está trabajando actualmente en algunos proyectos que se presentan a continuación:

- **Colombia inicia proyecto para reutilizar el dióxido de carbono**

En Colombia iniciará operaciones la compañía norteamericana Global Thermostat (GT), pionera en captura de dióxido de carbono. La compañía realizará su primer proyecto en el país con el fin de posicionarlo como líder en América Latina en la ejecución de soluciones sostenibles, para mitigar las causas del cambio climático. Algunos de los compradores del compuesto son fabricantes de gaseosas; procesadores de alimento que lo emplean para refrigerar; compañías de biocombustible que los utilizan para el crecimiento acelerado de

algas; o petroleras, las cuales incrementan sustancialmente la productividad de sus pozos con el uso de CO₂. (El Universal, 2013)

- **Proyecto de especies nativas genera ya bonos de carbono**

En Cáceres (Antioquia) y Arauca se desarrolla el primer proyecto forestal de Suramérica que ha generado bonos de carbono y el tercero en el mundo. En tierras degradadas, en el caso antioqueño, en las que la minería había destruido la cobertura boscosa, hoy en ellas crecen 122 especies nativas.

La certificación en los mercados voluntarios de carbono se hizo de la mano de South Pole Carbon Asset Management, lográndose generar las primeras 128.900 unidades de carbono voluntario, equivalentes a 128.900 toneladas de dióxido de carbono que se han fijado en el bosque. Para lograrlo se plantaron dos millones de árboles. (El Universal, 2013)

- **En Chocó cuidan bosques con bonos de carbono**

En Acandí, Chocó, se lidera un proyecto único en el país en protección de bosques húmedos con comunidades afrodescendientes. El plan es a través de créditos de carbono certificados que se generan por evitar la deforestación. El proyecto Corredor de Conservación Chocó–Darién nace para proteger los bosques del Darién, un ecosistema valorado en el país que tiene dos sitios declarados por la Unesco patrimonio natural. (Sánchez, 2013)

Los créditos de carbono son una nueva modalidad de conservación que compran las empresas, sobre todo en Europa y Estados Unidos, para reparar el daño que hacen al medio ambiente.

De igual forma es de resaltar proyectos como Jepirachi de Empresas Públicas de Medellín- EPM, Amoya de ISAGEN, entre otros, quienes han participado activamente de este mercado de bonos de carbono.

Gas e Hidrocarburos

El balance energético de Colombia en el 2011 permite observar la tendencia del país como exportador, aspecto que definirá muchas de las tecnologías que se incorporen en el futuro, los ingresos que tendrá provenientes de dichas exportaciones, así como el consumo de energéticos emisores y no emisores de CO₂.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

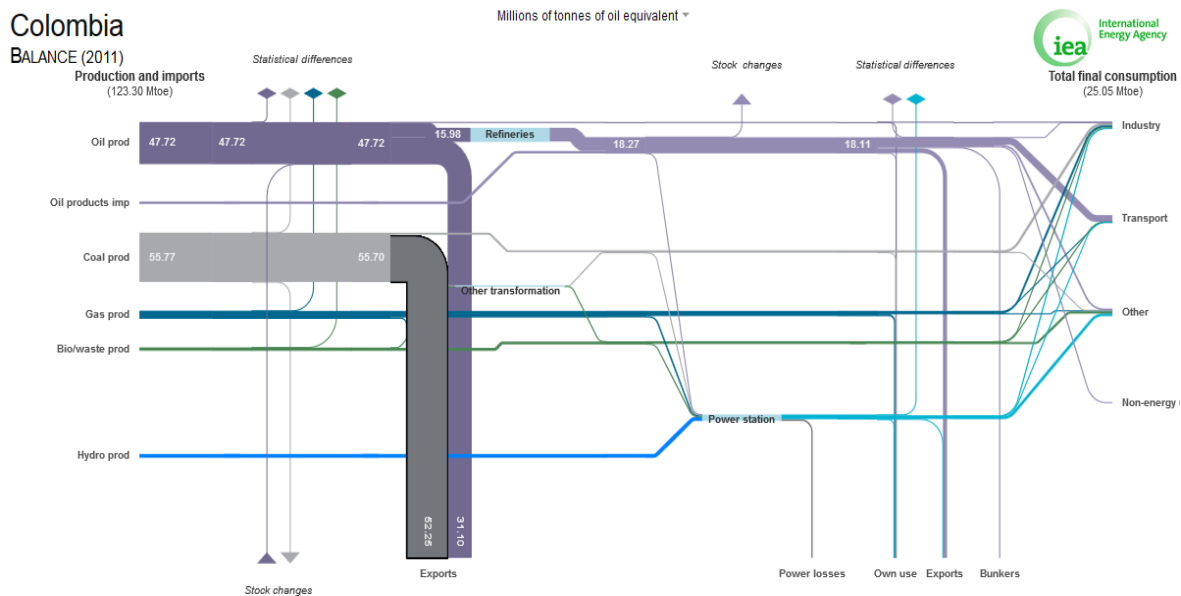


Figura 13 Balance Energético de Colombia 2011 (International Energy Agency, 2014)

Este balance energético muestra como de 55.77 Mtoe producidos de carbón, se exportan 52.25 Mtoe, aproximadamente el 94%, este comportamiento no se prevé que cambie considerablemente en los próximos años, de manera que pensar por ejemplo en tecnologías de CCS para aplicar a las plantas, no sería algo muy realista para el país, precisamente porque la mayor parte de las centrales del país son hidroeléctricas y el CCS aún se encuentra en desarrollo con altos costos de implementación y la generación con base en carbón es muy pequeña.

En el petróleo también se exportan grandes cantidades de las producidas en el país y las cantidades restantes se utilizan principalmente para el transporte. En este último aspecto se podría pensar en aplicaciones de *Smart Grids* como vehículos eléctricos y tecnologías de almacenamiento, como baterías para reducir el impacto de los centros de transporte, o tecnologías de eficiencia energética para hacer mucho más eficientes los sistemas existentes.

Gas

El Gobierno Nacional expidió el Decreto 2100 de 2011, con el propósito asegurar el abastecimiento de gas natural a todos los sectores de consumo, promoviendo distintos mecanismos que garantizan confiabilidad en el suministro y transporte, el desarrollo de los

yacimientos convencionales y no convencionales de hidrocarburos, así como la promoción de exportaciones.

La norma estableció para los productores e importadores de gas natural la obligación anual de reportar al Ministerio de Minas y Energía el pronóstico de las cantidades de gas natural promedio diario mensual disponibles para comercialización y las cantidades comprometidas mediante contratos de suministro. (SIPG, 2013)

En relación con las reservas de gas de Colombia, el informe de la Asociación Colombiana de Gas Natural (Naturgas), muestra que Colombia tiene gas natural para más de 15 años (El Espectador, 2013).

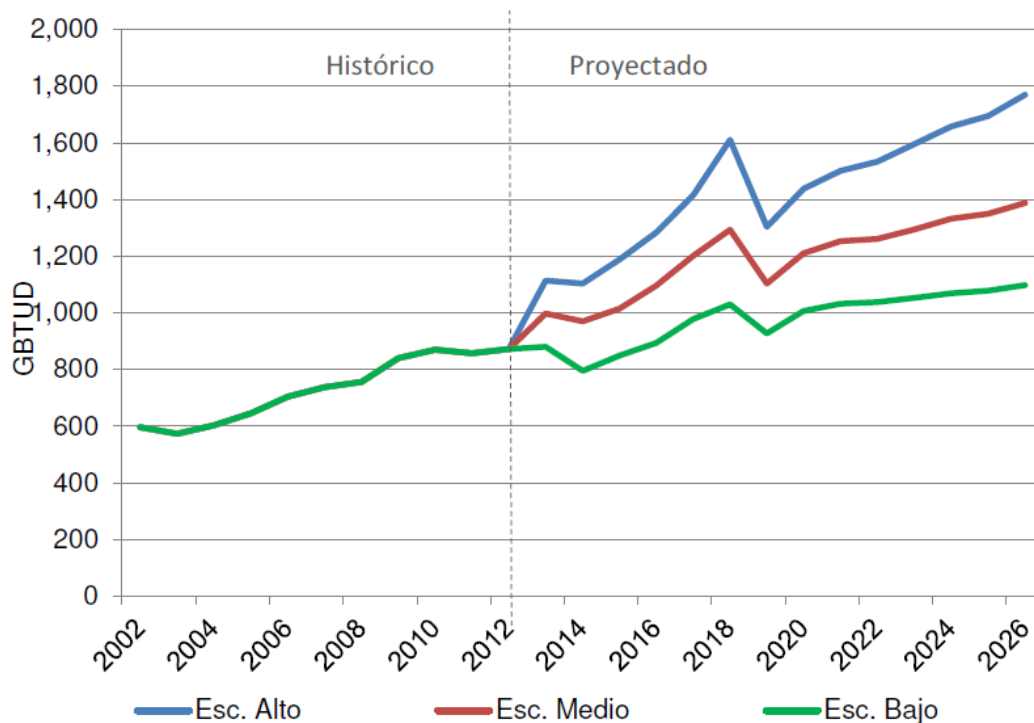


Figura 14 Proyección de demanda nacional de gas natural (UPME, 2014)

La proyección de precios boca de pozo de los campos de La Guajira y Cusiana para los próximos veinte años se prevé creciendo a una tasa media del 3.9 % a.a para los años 2009-2020 , mientras que para la siguiente década 2020-2030 dicho incremento sería del 1.1%.

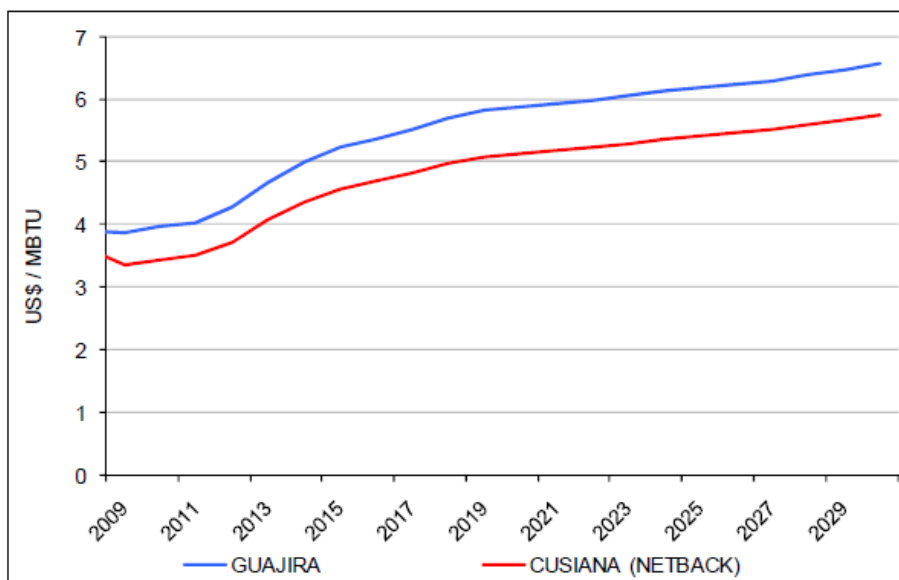


Figura 15 Precios del gas natural en Boca de Pozo- US MBTU (UPME, 2014)

Un tema reciente en el país que está generando controversia tiene que ver con la aplicación de tecnologías de fracking para la extracción de gas y petróleo.

Debido a que por ejemplo la Contraloría señala que se deben tener en cuenta los posibles riesgos que implicarían para el medio ambiente permitir la explotación con este mecanismo que se convirtió en la salvación de Estados Unidos en materia energética, mientras que en Francia se prohibió.

Si bien el viceministro de Energía, Orlando Cabrales, “explicó que el trabajo que ha hecho el país es juicioso y responsable, ya que hasta hoy no se ha permitido la implementación de este sistema las críticas no se hacen esperar. Debido a que según la Contraloría el fracturamiento hidráulico o ‘fracking’ conlleva un riesgo latente para el patrimonio ambiental por la posible contaminación de aguas subterráneas, la afectación de fuentes hídricas, el riesgo para centros urbanos en el área de influencia, la salubridad pública y el riesgo geológico”. (El Espectador, 2014)

“Por otro lado el gobierno se defiende argumentando que a diferencia de Estados Unidos, donde primero se permitió la exploración y luego se reglamentó, en nuestro país se estructuró un marco en el cual se tuvieron en cuenta todos los elementos que podrían afectar a los acuíferos y el aire. Para ello vinieron al país 24 expertos, especialmente ex reguladores de Estados Unidos, con experiencia en el tema”. (El Espectador, 2014)

De manera que en los próximos años este será un tema de alta relevancia y con diferentes opiniones para el país, ya que se logrará mejorar la seguridad energética pero el impacto ambiental seguirá creciendo de igual forma.

Hidrocarburos

La Figura 16 y Figura 17 permiten observar que al igual que el caso del gas, la demanda de gasolina y diésel en el país tendrá una tendencia de crecimiento considerable.

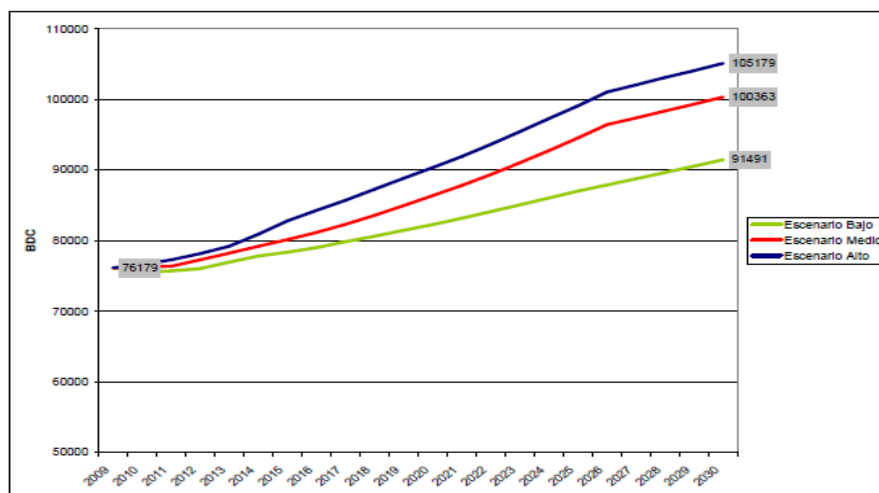


Figura 16 Proyección de demanda de gasolina según escenarios de Crecimiento 2010-2030 (UPME, 2014)

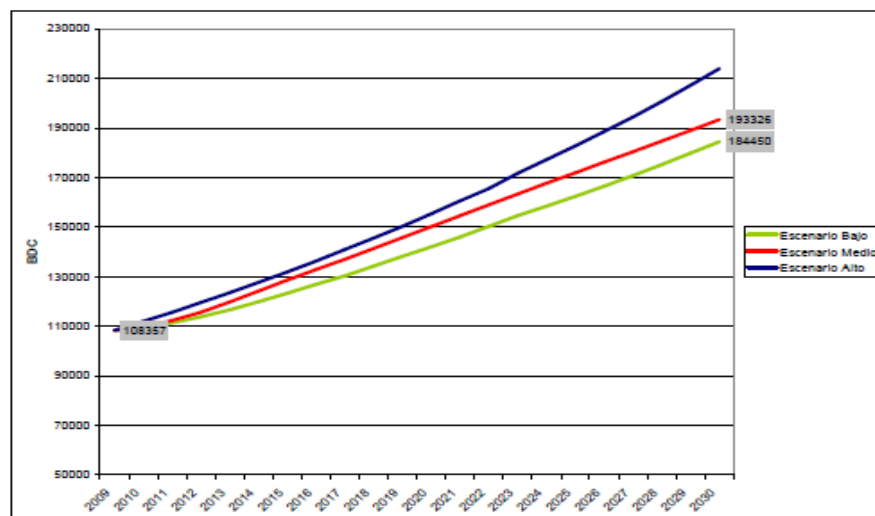


Figura 17 Proyección de demanda de diésel según escenarios de Crecimiento 2010-2030 (UPME, 2014)

Adicionalmente, en el sector de biocombustibles, a partir de la expedición de la ley 693 de 2001, Colombia entró en la era de la utilización de combustibles de origen vegetal. En efecto la Ley 693 establece las normas sobre el uso de alcohol carburante, se crean así estímulos para su producción, comercialización y consumo.

Posteriormente, la Ley 939 de 2004, definió las condiciones para el uso de biocombustibles de origen animal o vegetal en motores diésel. Las motivaciones han sido la reducción de las reservas de petróleo, reducción de emisiones, desarrollo agroindustrial, empleo y cuestiones ambientales.

Actualmente se mezcla la gasolina con el alcohol carburante en una proporción del 10% de éste último, en casi todo el territorio nacional. El biodiesel se mezcla en proporción del 5% en varias regiones del país y su uso se inició en el año 2008. (UPME, 2014)

El desarrollo de la normatividad en Colombia ha sido extenso en este corto período de existencia de los biocombustibles, en términos de definición de las calidades técnicas, de las normas aplicables y de la política de precios.

Comunicaciones

Actualmente Colombia está trabajando fuerte en el desarrollo de las telecomunicaciones, como se logra apreciar en la siguiente grafica de “Vive Digital” del ministerio de las TICS.



Figura 18 Vive Digital Telecomunicaciones en Colombia. (Colombia Inteligente, 2014)

En el futuro es esencial que el usuario cuente con un canal de comunicaciones directo con la red, para aprovechar los numerosos beneficios que las redes inteligentes incorporan.

En la Figura 19 se aprecia que países como Francia, Corea del Sur, Alemania y Japón le llevan una ventaja significativa al país en cuanto a personas con acceso a internet fijo, sin embargo la tendencia de suscriptores a banda ancha en Colombia es de crecimiento, debido a las facilidades para conexión y a un servicio que cada día se hace más económico y con mejores capacidades de navegación para los usuarios.

De igual forma la Figura 20 muestra la tendencia de crecimiento en el porcentaje de personas que usan internet a 2010, aspecto que favorece 100% la incorporación de sistemas más digitales, donde el usuario pueda consultar e interactuar numerosos ítems que estarían disponibles dentro de la red inteligente.

Fixed (wired)-broadband subscriptions per 100 inhabitants

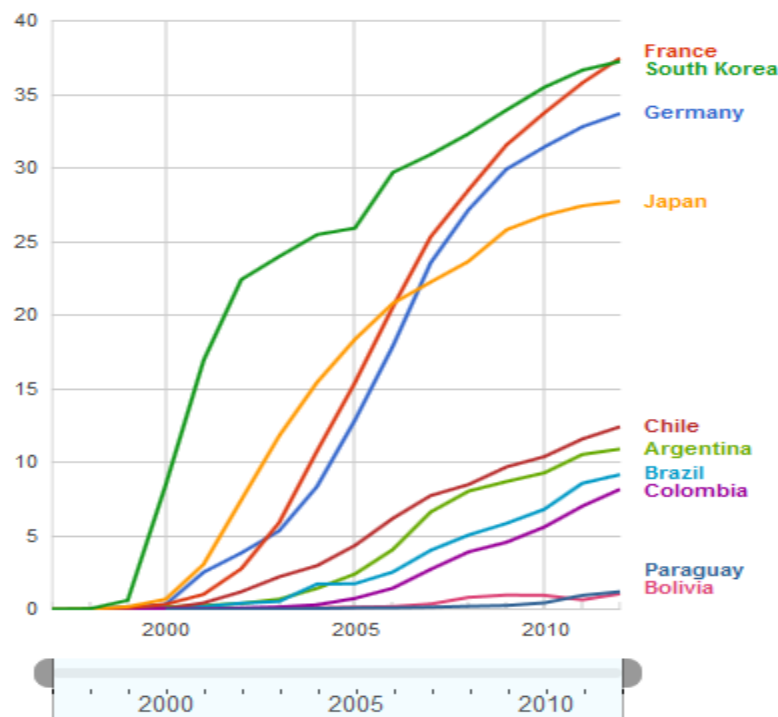


Figura 19 suscripciones a Banda Ancha por 100 habitantes (ITU, 2013)

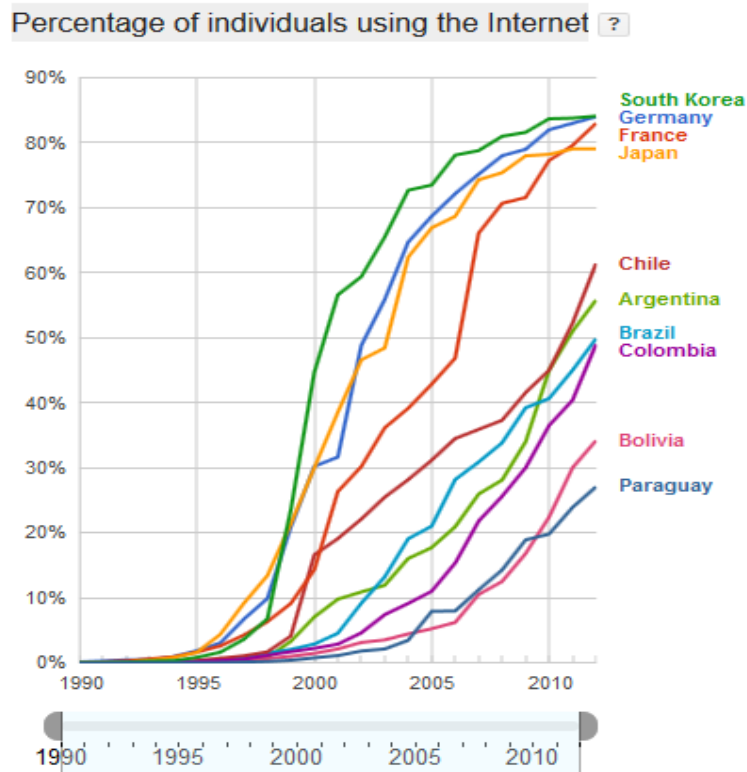


Figura 20 Porcentaje de personas utilizando Internet (ITU, 2013)

La siguiente figura en el aspecto de las comunicaciones, es un ejemplo de la facilidad con que una nueva tecnología se puede instalar y apropiar por una población, es el caso de los teléfonos celulares, tecnología mucho más reciente que la de las redes eléctricas, pero su apropiamiento, conocimiento y deseo de tener la última generación de equipos mueve una gran economía de mercado, son un ejemplo de como las en las redes inteligentes, si el usuario conoce y se apropia de los reales beneficios que estas incorporan, se pueden desarrollar y crear un nuevo mercado en muy poco tiempo, con altos índices de utilización.

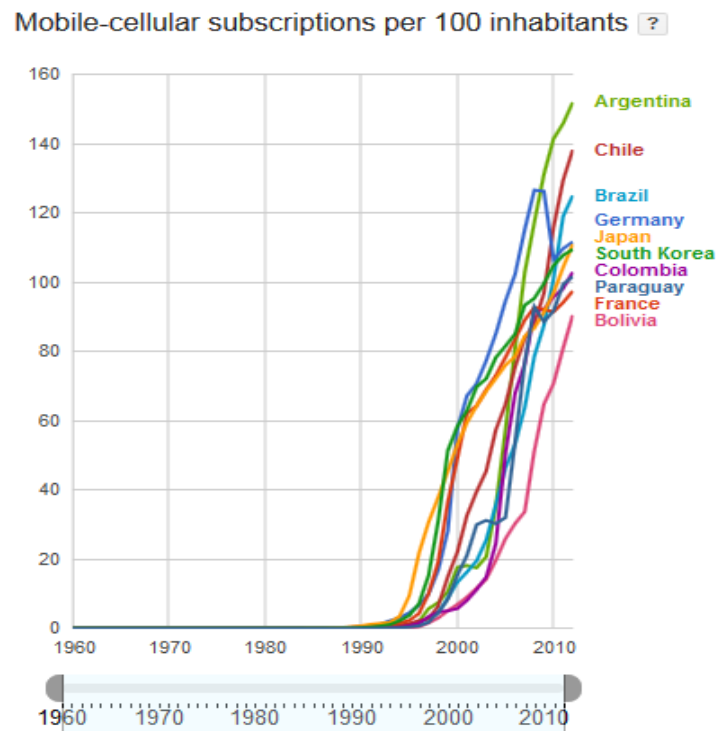


Figura 21 Suscripciones a telefonía móvil por 100 habitantes (ITU, 2013)

Hidrógeno

Actualmente en Colombia se encuentran dos empresas extranjeras una de origen español Ecowill Engineering Group y la francesa Mcphy energy que cuentan con diferentes patentes en los procesos de extracción y almacenamiento de hidrógeno, con fines energéticos. Estas empresas afirman que Colombia va a jugar un papel fundamental en la construcción de una futura economía del hidrógeno en esta zona. (Acofipapers, 2013) Sin embargo son tecnologías en etapas tempranas de desarrollo y su desarrollo se puede sesgar a proyectos piloto.

Eólica

En el mapa eólico de Colombia de 2006, se destacaron 16 lugares donde las intensidades del viento son importantes para el aprovechamiento del recurso eólico. En Galerazamba en el Departamento de Bolívar, Gachaneca en Boyacá y la isla de San Andrés en el mar Caribe colombiano, donde los vientos son persistentes y superiores a 5m/s durante todo el año. En La Legiosa en el Huila, Isla de Providencia en el Mar Caribe y Riohacha en La

Guajira las velocidades son persistentes pero en el rango entre los 4 y 5m/s. Los restantes 10 lugares no guardan una gran persistencia en la velocidad del viento excepto para determinadas épocas u horas del año. (REVE, 2014). Colombia ha instalado un gran parque eólico en el departamento de La Guajira: el parque eólico Jepirachi con 15 aerogeneradores, propiedad de Empresas Publicas de Medellín- epm.

De igual forma las empresas Isagen S.A. E.S.P. y Wayúu S.A. E.S.P, esperan construir próximamente el Parque Eólico Jouktai, en el Cabo de la Vela. este proyecto ya fue avalado por la Corporación Autónoma Regional de La Guajira y se trata de un proyecto que tendrá inicialmente la capacidad de producir 31,5 megavatios. (Portafolio, 2010)

Solar

El país hasta ahora está incursionando en el uso de la tecnología Led y los paneles solares en el alumbrado público, pero ya existen ejemplos que van a permitir que se extienda su uso, teniendo en cuenta ventajas como poderse instalar en cualquier lugar del país, porque no se requiere interconexión a red. Uno de ellos es el proyecto fotovoltaico autónomo Off-Grid, para Autopistas del Café, siendo la primera planta de energía solar de 20 kilovatios (kW) que se construye en Colombia, para ofrecerle iluminación autónoma al túnel Santa Rosa vía Dosquebradas Risaralda. (Portafolio, 2012)

Otro es el realizado en las instalaciones del campo petrolero en Aguazul (Casanare). Allí la firma Col Energy colocó varios postes con tecnología solar e iluminación Led, que ha representado a la compañía petrolera ahorros importantes en el consumo de energía y un aporte ambiental significativo para el hábitat del área. (UPME, 2014)

En general, se puede afirmar que la energía solar en Colombia está en auge, a través de varios proyectos en diferentes zonas, debido a que Colombia cuenta con un gran potencial para el desarrollo de este recurso por su privilegiada situación geográfica. Al encontrarse en la zona ecuatorial, recibe una constante radiación solar en determinados puntos del territorio, como son las zonas del Magdalena, San Andrés, Providencia y sobre todo la Península de la Guajira. En estos lugares es posible aprovechar la energía del sol y generar electricidad de forma limpia a gran escala.

En 2010 Colombia ratificó su posición como país gestor de desarrollo de tecnologías de producción limpias y amigables con el ambiente ingresando en la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena). (Twenergy, 2013)

Mares

Un estudio realizado por la Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla en 2003, identifica el Pacífico colombiano como una de las regiones con un gran potencial energético con un rango de marea promedio superior a los 3 metros. La península de la Guajira es el sitio con mayor potencial para la explotación de la energía contenida en las olas en Colombia (11.67 kW/m), sin embargo el flujo de energía no alcanza los niveles mínimos (15 kW/m) para generar electricidad eficientemente con la tecnología actual. (UPME, 2014)

Colombia cuenta con las condiciones oceanográficas y morfológicas necesarias al sur occidente de la Isla de San Andrés para la explotación de la energía del gradiente térmico del océano con capacidad para generar la electricidad para satisfacer las necesidades de la Isla.

Sin embargo, esta es una tecnología que aun a nivel mundial se encuentra en etapas tempranas de desarrollo, por lo que se vislumbra que posiblemente no tenga una implementación a gran escala en el país en los próximos años.

Geoterminia

El IPSE y la Organización Latinoamericana de Energía identificaron tres áreas con alto potencial geotérmico: i) Azufral, en el departamento de Nariño, donde se localiza el volcán Azufral, ii) el Negro-Tufiño de Cerro, situado entre Colombia y Ecuador, en donde el volcán Chiles 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, y iii) 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 (Pérez y Osorio 2002). Además de estas localizaciones, un área en el Macizo Volcánico Ruiz-Tolima es prometedora y está planeada para la investigación por INGEOMINAS.

De igual forma es de resaltar la investigación y recursos que han destinado empresas como ISAGEN para el desarrollo de este importante recurso en el país, quien se encuentra realizando estudios de prefactibilidad de dos (2) proyectos geotérmicos en áreas con un alto potencial geotérmico, localizadas en la zona de influencia del Macizo Volcánico del Ruíz y en la zona de influencia de los volcanes Tufiño Chiles Cerro Negro ubicada en la frontera con el Ecuador. ISAGEN para el desarrollo de estos proyectos ha contado con el apoyo de diversas entidades y organismos nacionales e internacionales como el Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, la Universidad Nacional de Colombia, el Servicio Geológico Colombiano,

la Agencia para el Comercio y el Desarrollo de los Estados Unidos de América (USTDA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

En la siguiente tabla se presenta el potencial de este recurso en Colombia.

Tabla 3 Potencial de Geotermia en Colombia (UPME, 2014)

Área	Departamento	Potencial
Chiles	Nariño	Alto
Azufral	Nariño	Alto
Doña Juana	Nariño	Desconocido
Grupo Sotará	Cauca	Desconocido
Puracé	Cauca	Desconocido
Machía	Huila	Alto
Cerro Bravo	Nariño	Alto
Nevado del Ruiz	Caldas	Alto
Cerro España	Caldas	Alto
Machía	Huila	Alto

Nuclear

Colombia actualmente posee un Reactor Nuclear IAN-R, que está en el país desde 1965, el reactor nuclear se utiliza para examinar la calidad y cantidad de recursos biológicos como el petróleo, el oro y el carbón en Colombia, pero también se emplea en la farmacéutica, para la identificación de la disfunción de la tiroides y en la ingeniería, en la detección de fugas en las represas hidroeléctricas.

Países como Argentina, Brasil y México han emprendido desarrollos nucleares, en los últimos años ha resurgido la idea de que esta fuente no puede ser dejada de lado. Países como Chile, Perú y Venezuela también han mostrado en tiempos recientes un creciente interés en el desarrollo de estos recursos como alternativa de abastecimiento eléctrico a muy largo plazo. (Ministerio de Minas y Energía, 2014). En Colombia este recurso no presenta posibilidades de desarrollo en el corto o mediano plazo.

Energía Eléctrica

Con el fin que el sector eléctrico funcione y se desarrolle de la mejor forma posible, se estableció un esquema que involucra a las entidades que producen la energía, las que la transportan, las que la venden, las que coordinan a todas las anteriores, las que establecen las políticas generales, las que hacen las normas para entregar productos y las que vigilan que todos cumplan las normas existentes. Para ello, el mercado se dividió

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050, Energy Trilemma 2013 y Issues Map Monitor 2013*

básicamente en dos instancias: una estructura institucional y una operativa, en la que se encuentra entre otros la actividad de generación como se presenta en la Figura 22.



Figura 22 Agentes del Sector Eléctrico colombiano (XM, 2013)

Datos energéticos mercado colombiano 2006-2014

Tabla 4 Demanda anual máxima MW (COCIER, 2014)

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
9,383	9,504	9,295	9,100	9,290	9,079	9,093	8,762

Tabla 5 Tasa crecimiento demanda máxima SIN (%) (COCIER, 2014)

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
-1,3%	2,2%	2,1%	-2,0%	2,3%	-0,2%	3,8%	1,4%

Tabla 6 Demanda Anual Energía GWH (COCIER, 2014)

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
60,890	59,370	57,150	56,148	54,679	53,870	52,851	50,815

Tabla 7 Tasa crecimiento demanda energía SIN (%) (COCIER, 2014)

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
2,8%	3,8%	1,6%	2,7%	1,8%	1,6%	4,0%	4,1%

Por otro lado, en cuanto a la evolución de la demanda de energía del país, durante el periodo comprendido entre enero de 2011 y diciembre de 2012, se presentó un comportamiento poco común en relación a la evolución de la demanda de energía, ya que se desarrolló el fenómeno de la niña en dos periodos, el primero desde julio de 2010 hasta abril de 2011, y el segundo desde septiembre de 2011 hasta marzo de 2012. En este último periodo se presentaron altas lluvias, las cuales motivaron desconexión de cargas debido a inundaciones.

La demanda anual de energía en 2013 fue de 60.890 GWh, con crecimiento de 2.8% respecto a 2012; afectada principalmente por la desaceleración económica y la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos durante el transcurso del año.

El sistema de generación colombiano tiene una capacidad instalada de aproximadamente 14.559 MW a diciembre del año 2013. Como se presenta en la Figura 23, las centrales hidroeléctricas son la tecnología dominante en el sistema, con 64.0% del total de la capacidad instalada, seguidas por las centrales térmicas (gas y carbón) con 31% y las plantas menores con un 4,7%. (COCIER, 2014)

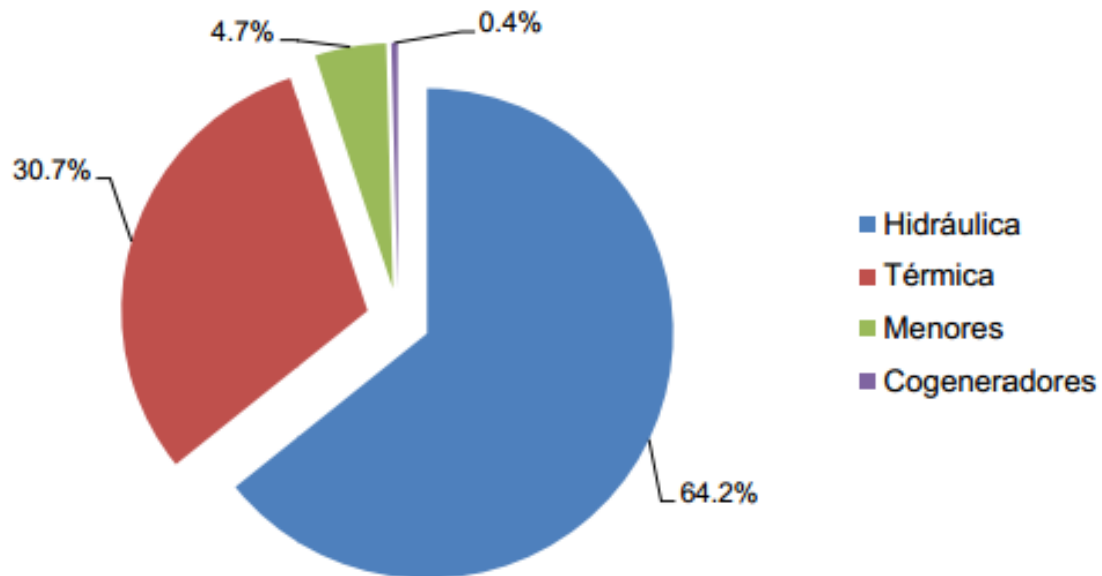


Figura 23 Participación por tipo de planta generadora (COCIER, 2014)

El mapa de Colombia con las redes de transmisión asociadas al STN, discriminado entre redes a 220 kV y 500 kV es el que se presenta en la Figura 24.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*



Figura 24 Sistema de Transmisión Nacional (UPME, 2014)

En relación con las proyecciones de la demanda de energía eléctrica se presentará una tendencia de crecimiento para los próximos años, lo que impone realizar un plan de expansión para el país acorde a la realidad y a las necesidades del futuro.

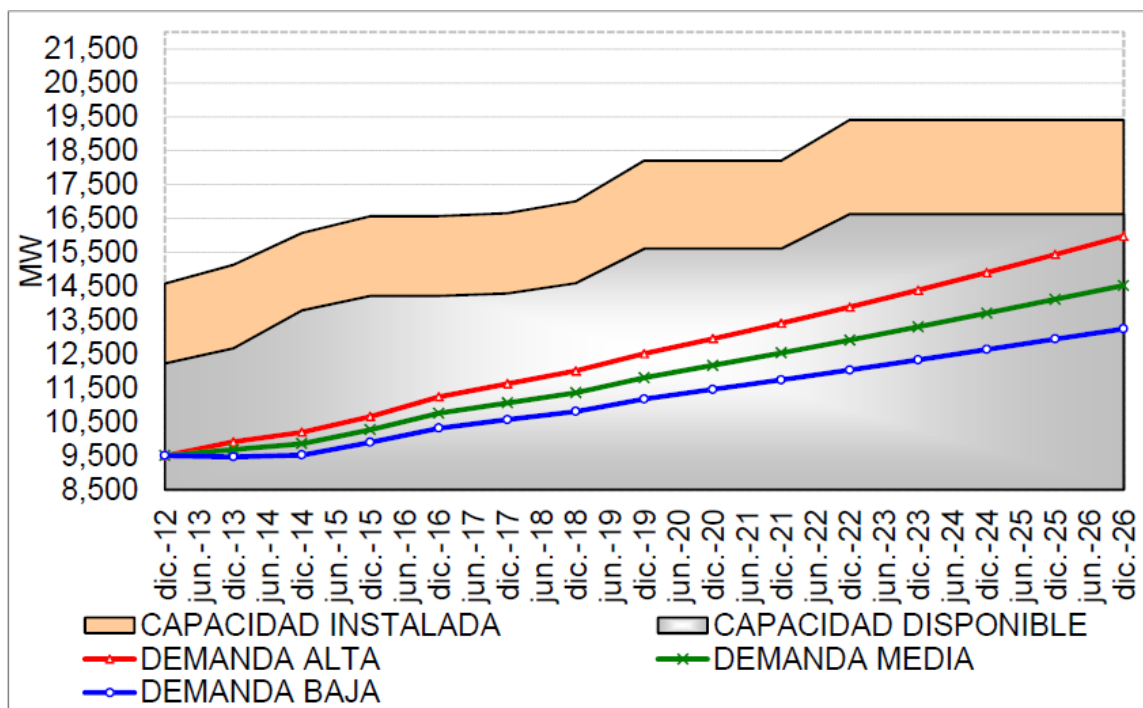


Figura 25 Proyección de demanda de Energía en Colombia y capacidad instalada al 2026 (UPME, 2013)

La Figura 25 permite concluir que en todos los escenarios de demanda, alto, medio y bajo, la capacidad instalada es superior a los requerimientos de potencia que el sistema necesita para la mayoría del tiempo, y solo se utiliza para abastecer los picos de carga, generando un sobredimensionamiento del sistema.

Plan de expansión

Para el horizonte 2018 – 2027 se identifica un incremento de la capacidad instalada cercano a los 3100 MW, ello con el objetivo de cumplir con los criterios de confiabilidad energética. En relación con los proyectos, se resalta la importancia de contar con la segunda etapa de Ituango, la construcción de dos proyectos hidroeléctricos, dos plantas a gas y una planta a carbón. Toda esta expansión debe ejecutarse de manera secuencial a partir del año 2021, con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema. (UPME, 2014)

Adicionalmente, se evaluaron dos estrategias de diversificación de la matriz, incorporando para la primera opción, 540 MW de generación con energías renovables, entre recurso eólico, geotermia y cogeneración. La segunda alternativa contempla solamente 300 MW eólicos en el norte de la Guajira.

Este plan de acción muestra oportunidades para las renovables y tecnologías *Smart Grids*, de manera que para el 2050 se podría pensar en fuertes compromisos y planes del gobierno para seguir explotando y desarrollando nuevos proyectos.

En el Escenario de Jazz para la región LAC, se puede presentar una reducción de las centrales hidroeléctricas por agotamiento del potencial sostenible hasta 2030 y opciones como las centrales de gas tienen como objetivo aumentar la seguridad del suministro y la reducción de los costos.

En el escenario Sinfonía, los gobiernos de la región LAC impulsan el desarrollo de un mercado regional de energía con gas, biocombustibles y electricidad, y la negocian libremente a través de las fronteras.

El desarrollo de la energía hidroeléctrica continúa y las redes nacionales están conectadas, lo que lleva a que una interconexión en LAC es fuertemente promovida por los gobiernos de la región y con la idea de asegurar la autosuficiencia nacional. Por el lado del petróleo, este es utilizado para el transporte, junto con un incremento constante de los biocombustibles de primera generación en la primera parte del período del escenario, la segunda generación de biocombustibles comienza a ser desplegado en la última parte del escenario al igual que los vehículos eléctricos.

A nivel de interconexión en Colombia existen dos esquemas diferentes para la ejecución de interconexiones internacionales con otro país, bien, como activos de Uso del Sistema de Transmisión Nacional, o bien como activos de Conexión a riesgo.

Interconexión Colombia –Ecuador

Actualmente existen 5 líneas de interconexión Colombia – Ecuador con niveles de tensión de 138 kV y 230 kV. A nivel de 138 kV se tiene la línea de transmisión Panamericana Tulcán con una longitud aproximada de 15 km y con una capacidad de transferencia de 35 MW. A nivel de 230 kV existen 4 líneas de transmisión Jomondino – Pomasqui con una longitud aproximada de 212 km y con una capacidad transferencia importación/exportación de 360/500 MW. Las primeras 2 líneas de nivel de 230 kV, propiedad de InterConexión Eléctrica S.A, entraron en servicio en 2003. Las restantes 2 líneas, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá, entraron en operación en 2007. (COCIER, 2014)

En la Tabla 8 se presentan los valores de intercambio de energía entre Colombia y Ecuador desde 2006.

Tabla 8 Exportaciones e importaciones Colombia – Panamá (COCIER, 2014)

Año	Energía (GWh)	
	Exportaciones	Importaciones
2006	1,608.6	1.1
2007	876.6	38.4
2008	509.8	37.5
2009	1,076.7	20.8
2010	797.7	9.7
2011	1,294.6	8.2
2012	236.0	6.5
2013	662.3	28.5

Interconexiones Colombia – Venezuela

Con Venezuela existen 3 líneas de conexión:

- San Mateo - Corozo 1 y 2 a 230 kV, con una longitud aproximada de 47,5 km y una capacidad de transferencia de Importación/Exportación 55/150 MW
- Cuestecitas - Cuatricentenario a 230 kV, con una longitud aproximada de 132 km y una capacidad de transferencia de 150 MW.

De acuerdo con el primer informe de planeamiento operativo eléctrico de mediano plazo de 2013, la capacidad de exportación a Venezuela por el enlace Cuestecitas – Cuatricentenario 230 kV oscila entre 40 MW - 110 MW, y esta capacidad es función de la demanda de la subárea operativa GCM y del número de unidades disponibles en la planta térmica Guajira.

Adicionalmente, la exportación a Venezuela por el enlace San Mateo – Corozo 230 kV oscila entre 170 MW - 275 MW, y esta capacidades función de la demanda del área Nordeste y del número de unidades del área (Tasajero, Paipa 1, Paipa 2, Paipa 3, Paipa 4, Yopal).

En la Tabla 9 se presentan los valores de intercambio de energía entre Colombia y Venezuela desde 2006:

Tabla 9 Exportaciones e importaciones Colombia – Venezuela (COCIER, 2014)

Año	Energía (GWh)	
	Exportaciones	Importaciones
2006	0	27,0
2007	0	1,2
2008	101,9	0

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

2009	281,6	0
2010	0	0
2011	248,8	0
2012	478,4	0
2013	715,0	0

Teniendo en cuenta la actividad histórica de los intercambios internacionales de electricidad, el plan de expansión considera la interconexión actual con Ecuador, y la futura con Centroamérica a través de un enlace bipolar HVDC entre Colombia y Panamá.

Así mismo, se consideró un sistema eléctrico centroamericano, compuesto por los sistemas de Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala, interconectados por el sistema SIEPAC, presentado en la Figura 26.



Figura 26 Sistema SIEPAC (UPME, 2013)

Finalmente, en relación con los fondos para la inversión, Colombia actualmente cuenta con el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas – FAER, el cual fue creado mediante el artículo 105 de la Ley 788 de 2002, y reglamentado por el Decreto 1122 de 2008. Su objeto es la financiación de los proyectos de electrificación rural que tengan asociadas líneas de interconexión de media tensión y subestaciones de distribución, que permitan incrementar la confiabilidad, calidad y la ampliación de cobertura de las zonas interconectadas en las zonas de difícil gestión y zonas rurales de menor desarrollo. (Ministerio de Minas y Energía, 2014)

El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas – FAZNI. El objetivo del FAZNI es financiar planes, programas y/o proyectos priorizados de inversión para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica y para la reposición o la rehabilitación de la existente, con el propósito de ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas no interconectadas.

De igual forma el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE, tiene como objeto promover soluciones energéticas estructurales en las comunidades rurales que hacen parte de las Zonas No Interconectadas. Su objetivo está fundamentado en el mejoramiento continuo de sus procesos, con responsabilidad ambiental y en condiciones de trabajo seguras y saludables para las partes interesadas, lo cual es un gran potencial para el desarrollo de tecnologías *Smart Grids*.

Proyectos de *Smart Grids* en Colombia

En Colombia se viene trabajando desde 2010 en la conceptualización de las redes eléctricas inteligentes y los puntos estratégicos a resolver en el país como parte de la iniciativa Colombia Inteligente, que responde a la necesidad de coordinar movimientos que a nivel mundial analizan, promueven y desarrollan soluciones novedosas en el sector eléctrico que atienden a retos tales como el calentamiento global utilizando por ejemplo mecanismos de energías renovables y eficiencia energética, apoyados en tecnologías de comunicaciones para minimizar el impacto en el medio ambiente y usando medios que optimicen el uso de la energía. En esta forma la iniciativa reconoce que el sector eléctrico debe articularse en una forma importante con otros sectores, por ejemplo transporte para lograr resultados positivos de mayor impacto para el país. (Colombia Inteligente, 2014)

La iniciativa igualmente se formuló como un foro de discusión amplio que promueve la búsqueda de soluciones para toda la cadena desde la generación hasta el consumo final basadas en la búsqueda de un mejor desempeño que redunde en un mejor servicio a los usuarios, utilizando donde sea justificable tanto técnica como económicamente nuevas propuesta tecnológicas que superen los beneficios de tecnologías convencionales.

Colombia Inteligente ha destacado siete áreas de enfoque donde se agrupan los proyectos, que serían candidatos para pertenecer a la plataforma de redes Inteligentes que actualmente se encuentra en desarrollo. (Colombia Inteligente, 2014).

Tema 1 Medición Inteligente:

- Electricaribe - Tecnificación de la Medida: detección de manipulación de medidores en grandes consumidores de energía a través del reporte de alarmas generadas por los medidores.
- Codensa S.A. ESP - Piloto *Smart Metering*: Evaluación del *Smart Metering* masificado como una infraestructura tecnológica que puede aportar en el desarrollo del país.
- Universidad de Medellín - Desarrollo de capacidades al producto SMARTIN, (sistema de información para gestionar pérdidas no técnicas).
- EPM - Proyecto Piloto de Medición Inteligente: proyecto para aguas, electricidad y gas natural para aproximadamente 1000 clientes.
- OnGreen Colombia - Arquitectura de software para gestión y medición del consumo de energía: desarrollo de una arquitectura de software para la gestión y medición del consumo de energía.

Tema 2 Automatización

- EMCALI - Plataforma TWACS
- EPSA - Proyecto Implementación del Centro de Gestión de la Medida: Establece reglas y criterios para la ordenación y desarrollo de la red de media tensión.
- CHEC ESP - Automatización operación redes de distribución subterráneas: se instalaron 10 equipos de telecontrol para lograr mayor efectividad operativa de las redes.

Tema 3 Demanda

- EMCALI - Proyecto Piloto: Gestión de 1MW de demanda en sitio: el proyecto busca deslastrar carga dentro del SDL de la compañía.

Tema 4 Comunicaciones

- Internexa, UPB - Telecomunicaciones de la *Smart Grid*: proponer un esquema de interconexión de los segmentos de acceso para la red de telecomunicaciones de la *Smart Grid*.
- Universidad del Valle - Modelo de Datos del Dominio de Distribución de la *Smart Grid*.

- Internexa, UPB, XM - Servicios de datacenter 7 *cloud Smart Grid*: Brindar los servicios de storage, servidores para almacenamiento y procesamiento de señales.

Tema 5 Recursos Distribuidos

- EPSA - Proyecto Eficiencia energética y energías renovables: evaluación del impacto de la implementación de generación fotovoltaica distribuida en la red.
- EPSA - Proyecto Implementación de micro turbinas de río: Evaluación del desempeño y protocolo de pruebas de este tipo de proyectos.
- UPB - Micro-Red Inteligente Universidad Pontificia Bolivariana: implementación de una micro red para el estudio, investigación, apropiación tecnológica y desarrollo de prototipos para las micro redes.
- Universidad del Valle - Estrategias basadas en Inteligencia Computacional para la Gestión de la Potencia Eléctrica en Ambientes de *Microgrids*.

Tema 6 Red Flexible

- EEB - Aplicación de redes inteligentes - Proyecto SDPL (Sistemas Dinámicos de Parametrización de Líneas): Incorporación de sensores de temperatura para mejorar el rendimiento y utilización de las líneas.
- EEB - Proyecto adecuación funcional del sistema de control SVC: adecuar el sistema de control SVC de manera que sea capaz de contribuir eficazmente al amortiguamiento de oscilaciones del sistema.

Tema 7 Movilidad Eléctrica

- EPSA - Proyecto Transporte Eléctrico - Viabilidad de Tecnologías Innovadores para la Operación, Modernización y Crecimiento de la Red Eléctrica de EPSA E.S.P para conocer el impacto del parque automotor en el sistema.

De igual forma, se enuncian otros proyectos de *Smart Grids* que se han desarrollado en el país, con el propósito de conocer otros puntos de enfoque que pueden ayudar a un mayor despliegue e incorporación hacia el 2050:

- En Medellín, el Municipio destinará hasta 2016 US 10 millones para transferencia tecnológica ligada a *Smart Grids*. A la iniciativa se sumarán recursos para proyectos de TICs y energía por US 60 millones, provenientes del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (EPM, 2011)

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

- EPM ha trabajado en sistemas de vehículos eléctricos, gestión y uso racional de energía, edificios inteligentes, proyectos pilotos de gestión remota del alumbrado público. Adicionalmente EPM adelanta proyectos con PMUs con las Universidades locales.
- El proyecto ISAAC (*Intelligent Supervision and Advanced Control Sytem*) de XM y otras compañías, busca diseñar un sistema de supervisión de la red de nueva generación, utilizando medición fasorial, funcionalidad distribuida y comunicaciones avanzadas. (XM, 2013)
- Emcali ha trabajado en la cobertura de tecnología AMI en todo el SDL, la integración del sistema AMI y centro de control, así como lectura remota agua y gas. También ha desarrollado sistemas de conexión y desconexión remota y la implementación del sistema prepago. (EPM, 2011)
- Epsa ha realizado inversión en medición inteligente, nuevas arquitecturas, implementación de norma IEC61850 para desarrollo de nuevas subestaciones y modernización de las subestaciones existentes y temas relacionados con movilidad eléctrica y energías renovables, obteniendo beneficios como tele gestión remota de clientes, suspensión, corte y reconexión en forma remota, gestión de la demanda y gestión de pérdidas. (UPME, 2013)

De igual forma, es de resaltar el despliegue de pequeñas centrales hidroeléctricas en el país, ver figuras 27 y 28, demostrando el potencial que existe para la generación distribuida al facilitar que el proceso de implementación y control en el futuro se pueda realizar de una manera mucho más ágil y eficiente.

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

Colombia.



Figura 27 Generación Distribuida: Red de Plantas menores en Colombia (UPME, 2013)

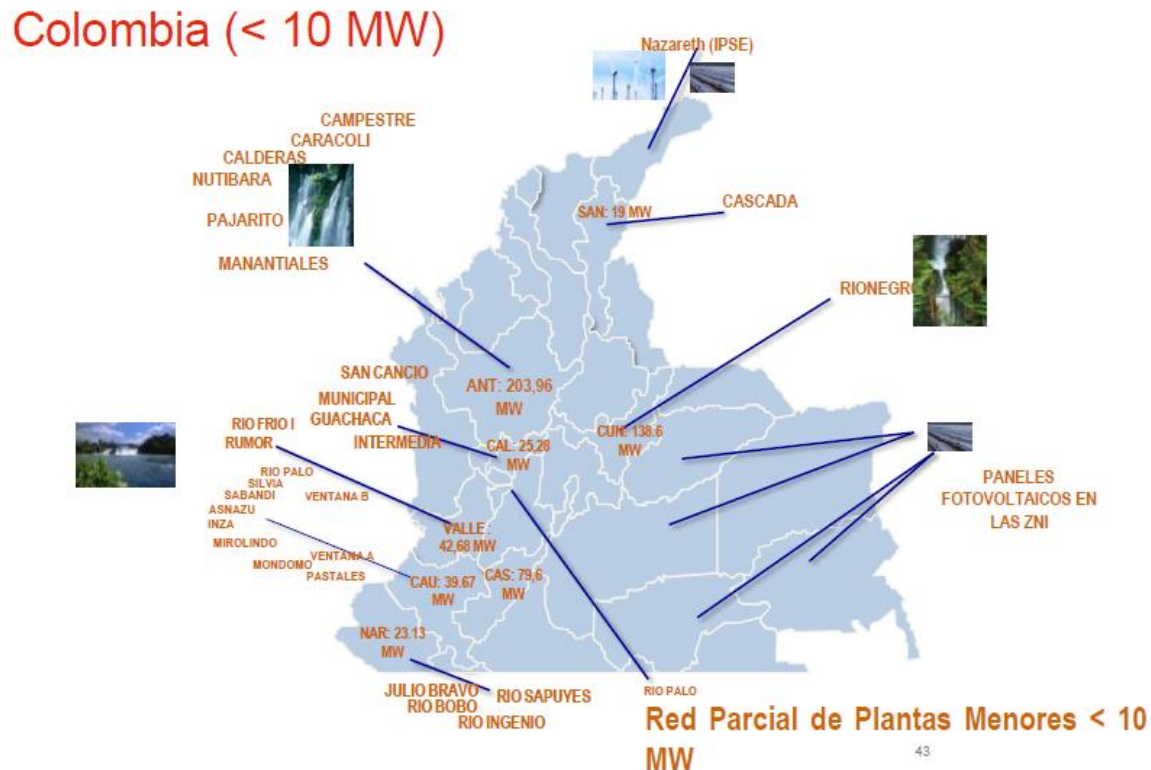


Figura 28 Generación Distribuida: Red de Plantas menores en Colombia (<10 MW) (UPME, 2013)

Como se logró observar, Colombia ha estado trabajando prácticamente en todos los eslabones de las *Smart Grids*, pero su trabajo ha estado desarticulado. De igual forma, son muy importantes los esfuerzos realizados por las empresas del sector eléctrico, pero aún son discretos, ya que si bien se dispone de leyes, decretos, resoluciones, estudios, desarrollo de proyectos pilotos, iniciativas y experiencias puntuales, se carece de lineamientos, estrategias, y de la definición de criterios para establecer prioridades estratégicas para el país.

10 Pobreza energética

Personas sin acceso a la energía en 2050

El acceso a la energía continuará siendo un tema de alta preocupación. La Figura 29 permite observar que el tema podría ser erradicado en la región latinoamericana, pero en

el mundo seguirá permaneciendo aun en el escenario Jazz, con 319 millones de personas sin acceso a fuentes modernas de energía.

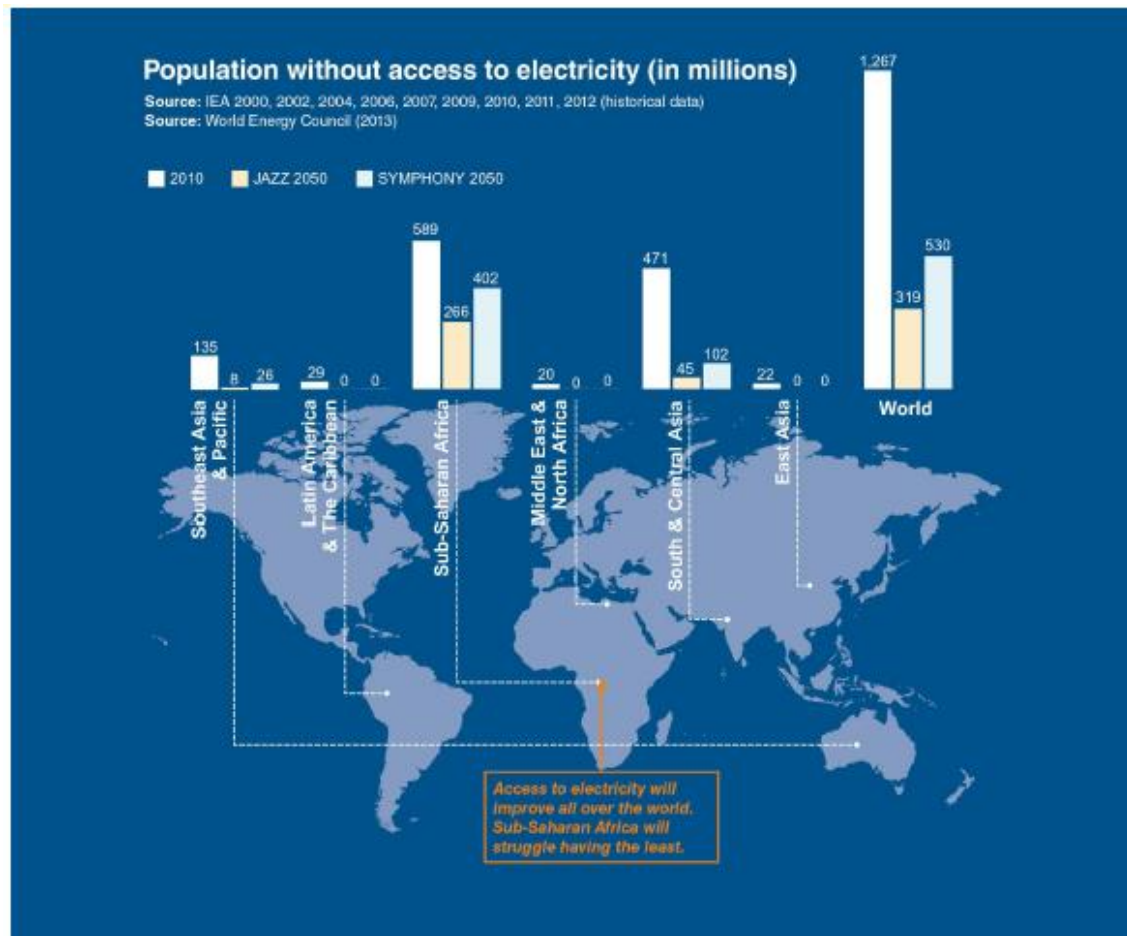


Figura 29 Población sin acceso a la Energía (World Energy Council, 2013)

Aunque la mayoría de los países en desarrollo han iniciado y/o acelerado programas de electrificación rural, el progreso no ha sido fácil. Sin unidad política sustancial para mejorar el nivel de vida de las zonas rurales, el progreso seguirá siendo lento. De hecho, a pesar de las evidentes necesidades, el apoyo político es limitado.

La capacidad financiera y técnica necesaria para llevar a cabo operaciones a gran escala también carece de los apoyos necesarios, los servicios públicos tienen una motivación limitada para extender los servicios a los clientes no rentables.

En Colombia, cerca de dos millones de personas, casi el 5 por ciento de los habitantes del país, viven sin energía eléctrica, principalmente en la costa Pacífica y varios departamentos de la costa Atlántica. (Eje 21, 2013)

Ese atraso en la cobertura universal del servicio básico no es por falta de fuentes de generación de energía, sea hidroeléctrica o termoeléctrica, sino por la insuficiencia de infraestructura en las líneas de transmisión y distribución de energía. (Rojas, 2013)

Hacer llegar la red eléctrica a zonas rurales suele ser muy costoso y no es factible en zonas rurales aisladas, o es poco probable que se logre en el medio plazo en muchas áreas. En estas situaciones, la electricidad con micro redes puede producir la energía para hogares, escuelas y empresas locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Acofipapers. (2013). *Acofipapers*. Recuperado el 5 de 4 de 2014, de <http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/580/90>
- Berger, C. (1975). *Infoamerica*. Recuperado el 10 de 5 de 2014, de <http://www.infoamerica.org/teoria/berger1.htm>
- Cancillería Ministerio de Relaciones Exteriores. (2013). *cancilleria.gov*. Recuperado el 4 de 4 de 2014, de http://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/politica_exterior/ambientales/20140409_colombia_en_las_negociaciones_internacionales_de_cambio_climatico_28vf29.pdf
- Caracol Radio. (2012). Gobierno asegura que Colombia tendrá cero pobreza extrema en el 2020. *Caracol Radio*, <http://www.caracol.com.co/noticias/economia/gobierno-asegura-que-colombia-tendra-cero-pobreza-extrema-en-el-2020/20120914/nota/1761625.aspx>.
- CIDET. (2012). *CIDET*. Recuperado el 25 de 05 de 2014, de http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_eficiencia_energetica_y_edificaciones_verdes.pdf
- COCIER. (2014). *COCIER*. Recuperado el 21 de 08 de 2014, de <http://www.cocier.org/>
- COLCIENCIAS. (2013). *COLCIENCIAS*. Recuperado el 23 de 4 de 2014, de <http://www.colciencias.gov.co/noticias/se-lanz-en-colombia-norma-internacional-que-promueve-la-eficiencia-energ-tica>
- Colombia Inteligente. (2014). *Colombia Inteligente*. Recuperado el 8 de 4 de 2014, de <http://www.colombiainteligente.com.co/Pages/default.aspx>
- Consejo Colombiano de Eficiencia Energética. (2014). *Consejo Colombiano de Eficiencia Energética*. Recuperado el 4 de 3 de 2014, de <https://sites.google.com/a/ccee-colombia.org/www/quienes-somos>
- Cruz, M. E. (2009). *Emulador eólico para generadores de baja potencia*.
- Díez, P. F. (2010). *Energía eólica*. Santander.
- Economics. (2012). *Economics*. Recuperado el 1 de 12 de 2013, de <http://economics.about.com/cs/businesscycles/a/depressions.htm>

EIA. (2013). *EIA*. Recuperado el 3 de 5 de 2014, de <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=CO&trk=m#cde>

Eje 21. (2013). Más de 2 millones de colombianos sin energía eléctrica en Colombia. *Eje 21*, <http://www.eje21.com.co/nacionales-secciones-53/51078-mas-de-2-millones-de-colombianos-sin-energia-electrica-en-colombia.html>.

El Espectador. (2013). Colombia tiene gas natural apra mas de 15 años. *El espectador*, <http://www.elespectador.com/noticias/economia/colombia-tiene-gas-natural-mas-de-15-anos-articulo-468684>.

El Espectador. (5 de 08 de 2014). Los peros de la Contraloría al 'fracking'. págs. <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-peros-de-contraloria-al-fracking-articulo-514763>.

El Tiempo. (2 de 9 de 2013). Así funcionará la flota de los nuevos taxis eléctricos en Bogotá. *Así funcionará la flota de los nuevos taxis eléctricos en Bogotá*, págs. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13040423>.

El Universal. (2013). Colombia inicia proyecto para reutilizar el dióxido de carbono. *El Universal*, <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/ambiente/colombia-inicia-proyecto-para-reutilizar-el-dioxido-de-carbono-127802>.

El Universal. (2013). proyecto de especies nativas genera ya bonos de carbon. *El Universal*, http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/P/proyecto_de_especies_nativas_genera_ya_bonos_de_carbono/proyecto_de_especies_nativas_genera_ya_bonos_de_carbono.asp.

Empowerment, G. (2011). Simposio internacional de energia eolica de pequeña escala. Lima.

EPM. (2011). *MEM*. Recuperado el 14 de 6 de 2014, de http://www.incubodc.com/eventos_energia_mayorista/memorias_SG/sg_2011/6_experiencias_empresariales/Experiencia%20EPM.pdf

Escenarios Energeticos. (s.f.). *Escenarios Energeticos*. Recuperado el 11 de 11 de 2013, de 2012: <http://escenariosenergeticos.cl/>

European Commission. (2012). *European Commission*. Recuperado el 27 de 11 de 2013, de http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf

European Technology Platform. (2011). *European Technology Platform*. Recuperado el 2 de 12 de 2013, de <http://www.smartgrids.eu>

- Förster, H. (2012). *Smart Energy for Europe Platform*. Recuperado el 3 de 4 de 2014, de <http://www.sefep.eu/activities/projects-studies/Briefing%20Metastudy%20energy%20scenarios.pdf>
- Fundacion Heinrich Boll. (2011). *Taller Ecologista*. Recuperado el 21 de 4 de 2014, de <http://tallerecologista.org.ar/menu/archivos/ecenariosenergeticosenamericadelsur.pdf>
- Fundacion Vida Silvestre Argentina. (2013). *WWF- Fundacion Vida Silvestre Argentina*. Recuperado el 2 de 5 de 2014, de http://awsassets.wwfar.panda.org/downloads/escenarios_energeticos_para_la_argentina_2013_2030_con_politicas_de_eficiencia.pdf
- Garcia, E. V. (2009). *Mejoras de tecnologías energéticas apropiadas en zonas rurales*. Barcelona.
- García, J. L. (2013). Trilema Energético del WEC. *Energia Bolivia*, 4-10.
- Giraldo, M. (2010). Small scale wind power harnessing in Colombian oil industry facilities. *Wind resource and technology issues*. Oslo.
- Global Wind Report. (2011). Annual market update . *Global Wind Energy Council*, 68.
- Google News. (2014). *Google News*. Recuperado el 20 de 03 de 2014, de http://news.google.com/intl/es_co/about_google_news.html
- Google Trends. (2014). *Google Trends*. Recuperado el 12 de 03 de 2014, de <http://www.google.es/trends/>
- International Energy Agency. (2013). *Deres.org.uy*. Recuperado el 3 de 02 de 2014, de http://www.deres.org.uy/practicas_pdf/cambio_climatico/Energy_to_2050.pdf
- International Energy Agency. (2014). *International Energy Agency*. Recuperado el 12 de 4 de 2014, de <http://www.iea.org/Sankey/index.html#?c=Colombia&s=Balance>
- ITU. (2013). *ITU*. Recuperado el 23 de 5 de 2014, de <http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/>
- La Republica. (2013). Colombia tiene la Energía mas cara de Suramérica. *La Republica*, http://www.larepublica.co/empresas/colombia-tiene-la-energ%C3%ADa-m%C3%A1s-cara-de-suram%C3%A9rica_52711.
- Laexcelencia. (2010). *Laexcelencia*. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de <http://www.laexcelencia.com/htm/articulos/autoestima/incertidumbre.htm>

Escenarios energéticos a 2050 para las *Smart Grids* en Colombia basados en los estudios *WEC Energy Scenarios 2050*, *Energy Trilemma 2013* y *Issues Map Monitor 2013*

- Latorre, F. J. (2010). Experiencia piloto de aprovechamiento de monieólica en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Menéndez, E. (2012). *Union General de Trabajadores España*. Recuperado el 20 de 4 de 2014, de <http://www.ugt.es/medioambiente/escenarios.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2014). *MINMINAS*. Recuperado el 21 de 3 de 2014, de http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=988
- Naranjo, C. (2011). *IEEE*. Recuperado el 11 de 11 de 2013, de <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6083200&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F6073287%2F6083177%2F06083200.pdf%3Fa rnumber%3D6083200>
- Observatorio-tecnologico. (2008). *Observatorio-tecnologico*. Recuperado el 6 de 4 de 2013, de <http://observatorio-tecnologico.espacioblog.com/categoria/patentes-como-herramienta-la-vigilancia-tecnologica>
- OLADE. (2010). *OLADE*. Recuperado el 6 de 5 de 2014, de <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.olade.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FIDA%2FTarifa%2520Social.pdf&ei=1ALIU-34NKjMsQSeWoK4Bw&usg=AFQjCNEwKJ-aDlud5RndprbUw5dJi9mofg&sig2=CRNsEUVLsZnJlLo0g>
- Plataforma Escenarios Energéticos Chile 2030. (2013). *Escenariosenergeticos.cl*. Recuperado el 19 de 3 de 2014, de http://escenariosenergeticos.cl/wp-content/uploads/Escenarios_Energeticos_2013.pdf
- Portafolio. (2010 de 03 de 2010). Isagen entró en la era de las energías renovables. págs. <http://www.portafolio.co/archivo/documento/CMS-7465048>.
- Portafolio. (2012). Colombia será una de las mayores Economías en 2050. *Portafolio*, <http://www.portafolio.co/economia/colombia-sera-una-las-30-mayores-economias-2050>.
- Proexport Colombia. (2013). *Proexport Colombia*. Recuperado el 12 de 3 de 2014, de http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/273_Sector%20El%C3%A9ctrico%202010-06-22.pdf
- Real Academia de la Lengua Española. (1992). *Real Academia de la Lengua Española*. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de www.rae.es

- retaguardia.org. (2012). *retaguardia.org*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de <http://www.retaguardia.org/2008/05/28/%C2%BFque-es-la-geropolitica/>
- REVE. (2014). *REVE*. Recuperado el 3 de 4 de 2014, de <http://www.evwind.com/2009/10/04/la-energia-eolica-en-colombia-40-megavattios-eolicos-instalados-y-un-potencial-desaprovechado-y-poco-estudiado/>
- Revista Semana. (2013). El mundo respira CO2. *Semana*, <http://m.semana.com/especiales/contaminacion/index.html>.
- Rojas, J. F. (2013). Energía limpia, solución para zonas no conectadas. *El Colombiano*, http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/energia_limpia_solucion_para_zonas_no_conectadas/energia_limpia_solucion_para_zonas_no_conectadas.asp.
- Sánchez, O. A. (2013). En Chocó cuidan bosques con bonos de carbono . *El tiempo*, <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12491648>.
- Shell. (2013). *Shell*. Recuperado el 1 de 12 de 2013, de <http://www.shell.com/global/future-energy/scenarios/2050.html>
- Shell. (2013). *Shell*. Recuperado el 11 de 11 de 2013, de <http://www.shell.com/>
- SI3EA. (2014). *SI3EA*. Recuperado el 6 de 4 de 2014, de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>
- SIPG. (2013). *SIPG*. Recuperado el 21 de 3 de 2014, de http://www.sipg.gov.co/sipg/portals/0/GN/ANALISIS_OFERTA_DEMANDA_GN_COLOMBIA_2013.pdf
- Smart Grid Consumer Collaborative. (2014). *Smart Grid COConsumer Collaborative*. Recuperado el 09 de 25 de 2014, de <http://smartgridcc.org/research/sgcc-research>
- Tonn, B. (2010). *Mdpi*. Recuperado el 25 de 3 de 2014, de <http://www.mdpi.com/2071-1050/2/12/3650>
- Twenergy. (2013). *Twenergy*. Recuperado el 4 de 4 de 2014, de <http://twenergy.com/energia-solar/la-energia-solar-en-colombia-916>
- UGT. (s.f.). *UGT*. Recuperado el 23 de 11 de 2013, de 2011: <http://www.ugt.es/medioambiente/escenarios.pdf>
- UKERC. (2013). *UKERC*. Recuperado el 13 de 4 de 2014, de <http://www.ukerc.ac.uk/support/Energy+2050+Overview>

Universidad Carlos III de Madrid. (2013). *Universidad Carlos III de Madrid*. Recuperado el 2 de 12 de 2013, de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12120/PFC_Javier_Lorente_de_la_Rubia.pdf?sequence=1

Universidad de los Andes. (2012). *Universidad de los Andes*. Recuperado el 13 de 3 de 2014, de http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CgQFjAA&url=http%3A%2F%2Feconomia.uniandes.edu.co%2Fcontent%2Fdownload%2F36957%2F316254%2Ffile%2FPresentacion_taller_Hcoronado.pdf&ei=zdF4U-bzFqvMsQTZvYDYAg&usq=AFQjCNG4U_By52xugW0oVI

UPME. (2013). *UPME*. Recuperado el 15 de 4 de 2014, de http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2013/Plan_GT_%202013_%202027_V4.pdf

UPME. (2014). *UPME*. Recuperado el 2 de 5 de 2014, de http://www.larepublica.co/empresas/colombia-tiene-la-energ%C3%ADa-m%C3%A1s-cara-de-suram%C3%A9rica_52711

Wiernes, P. E. (2008). *Implementación y control con procesador digital de señales de un seguidor del punto de máxima potencia para un aerogenerador de velocidad variable*. San Juan.

World Bank. (2014). *World Bank*. Recuperado el 3 de 3 de 2014, de http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/home.cfm?page=country_profile&CCode=COL&ThisTab=ClimateBaseline

World Energy Council. (2013). *World Energy Council*. Recuperado el 4 de 12 de 2013, de <http://www.worldenergy.org/>

World Energy Council. (2013). *World Energy Council*. Recuperado el 4 de 12 de 2013, de <http://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050>

XM. (2013). *XM*. Recuperado el 1 de 6 de 2014, de www.xm.com.co/InformesEmpresariales/Informe_gs2011.pdf