

**POTENCIAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR A GRAN
ESCALA EN COLOMBIA**

JUAN SEBASTIÁN FAJARDO CELIS

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

**POTENCIAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR A GRAN
ESCALA EN COLOMBIA**

JUAN SEBASTIÁN FAJARDO CELIS

**Monografía para optar por el título de Especialista en
Gestión Ambiental**

**Orientador:
JIMMY EDGARD ÁLVAREZ DIAZ
Biólogo**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Octubre de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gestión Ambiental

Dr. Francisco Archer Narváez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis principales motivadores, presentes aun más en esos momentos no tan buenos, mis padres y mis hermanas. Esto, así no sea mucho, va con todo mi amor, esfuerzo y dedicación.

De igual manera, nada sería posible sin el regalo de la vida que tan noblemente nos brinda la madre tierra. A ella parte de mi dedicación, esperando que algún día la sepamos respetar y amar.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A las personas, más tarde amigos, que conocí durante el desarrollo del posgrado y que de alguna u otra manera contribuyeron a la exitosa terminación de éste.

Al profesor Jimmy Álvarez, asesor y director del trabajo de grado, por su orientación y motivación para el desarrollo y terminación de este importante proceso, mediante sus conocimientos y experiencias.

A la madre tierra, por llenarme de la curiosidad necesaria para llevar a cabo un trabajo como éste.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	18
1. MARCO TEÓRICO - GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR	19
1.1 ENERGÍA	19
1.1.1 Fuentes de Energía	19
1.1.2 Antecedentes del Uso de Fuentes de Energía no Renovable	19
1.1.3 Panorama actual del Uso de Fuentes de Energía no Renovable	20
1.2 ENERGÍA SOLAR	21
1.2.1 Energía Solar Térmica	21
1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica	22
1.2.2.1 Funcionamiento de un Panel Solar	23
1.2.3 Aplicaciones de la Energía Solar en Colombia	25
1.2.4 Panorama Actual de la Energía Solar a Nivel Mundial y Nacional	25
1.2.5 Beneficios Sociales de la Energía Solar	27
2. PROPÓSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	28
2.1 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A NIVEL MUNDIAL	28
2.2 PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	31
2.2.1 Colombia y Protocolos Internacionales	32
2.2.2 Marco Jurídico Colombiano	34
2.3 APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DE LOS PROPÓSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	35
2.3.1 Desarrollo de Fuentes de Autogeneración	36
2.3.2 Promoción del Desarrollo y Uso de las Fuentes no Convencionales de energía	36
2.3.3 Estímulos a la Investigación Científica y Exploración	36
2.3.4 Fomento del Aprovechamiento Solar y Zonas no Interconectadas	36
3. APLICACIONES, TENDENCIAS Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	39
4. CONCLUSIONES	60
5. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	67

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema de energía solar térmica	22
Figura 2. Esquema de energía solar fotovoltaica	23
Figura 3. Esquema del funcionamiento de un panel solar	24
Figura 4. Esquema del proyecto Rawlemon	25

LISTA DE MAPAS

	pág.
Mapa 1. Mapa de radiación solar de Colombia	26
Mapa 2. Países con políticas de energía renovable a inicios de 2015	35
Mapa 3. Mapa de la red eléctrica de Colombia	37
Mapa 4. Mapa nacional multianual de radiación global horizontal	38

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Crecimiento capacidad de energía renovable (GW)	29
Cuadro 2. Capacidad o generación total para finales de 2014	29
Cuadro 3. Casos implementados según Ley 99/1993 (Reconversión industrial)	39
Cuadro 4. Casos implementados según Ley 99/1993 (Generación de energía)	40
Cuadro 5. Casos implementados según Ley 164/1994, Ley 629/2000	43
Cuadro 6. Casos implementados según Ley 633/2000	44
Cuadro 7. Casos implementados según Ley 697/2001 (Uso energías alternativas)	46
Cuadro 8. Casos implementados según Ley 697/2001 (Uso racional y eficiente de energía)	49
Cuadro 9. Casos implementados según Decreto 3683/2003 (Promoción no convencional)	50
Cuadro 10. Casos implementados según Ley 1715/2014 (Desarrollo y utilización)	51
Cuadro 11. Casos implementados según Decreto 3683/2003 (Estimulación)	53
Cuadro 12. Casos implementados según Ley 1715/2014 (Aprovechamiento solar)	55
Cuadro 13. Análisis de fortalezas y debilidades	58

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Capacidad mundial total de energía solar FV, 2004-2014	30
Gráfico 2. Adiciones de capacidad de energía solar FV para el 2014 en países líderes	31
Gráfico 3. Inversión mundial en energía solar en el año 2014	31

GLOSARIO

ACUMULADOR: unidad instalada que almacena energía química, para luego transformarla en energía eléctrica. Se constituye por una o más celdas electroquímicas.

AUTOGENERACIÓN: es la actividad que realizan tanto personas naturales como jurídicas para producir energía eléctrica que supla sus necesidades particulares.

AMPERIO-HORA: unidad que especifica la capacidad de una batería.

BATERÍAS: elementos que acumulan la energía recibida de los paneles y que proporcionan electricidad durante el consumo.

CAMBIO CLIMÁTICO: alteración del clima que se atribuye a las actividades antropogénicas; modifica la estructura de la atmósfera.

CARCINÓGENO: es un componente biológico o fisicoquímico que puede generar cáncer en contacto con tejidos vivos.

CÉLULA FOTOVOLTAICA: elemento primario de un sistema fotovoltaico en el que es producida la transformación de luz solar en electricidad.

CENTRAL FOTOVOLTAICA: conjunto de instalaciones que suministran energía eléctrica a la red a través del uso de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

CENTRAL TERMOSOLAR: complejo industrial en el que se calienta un fluido a partir de la energía solar radiante y cuyo vapor es capaz de producir la potencia requerida para alimentar un alternador que genere energía eléctrica.

CLORURO DE CADMIO: compuesto cristalino blanco proveniente del cadmio y cloro, con la fórmula $CdCl_2$, que es soluble en agua, y se utiliza en la fabricación de paneles solares; se considera como cancerígeno y teratógeno.

CLORURO DE MAGNESIO: de fórmula $MgCl_2$, es un compuesto mineral que es extraído del agua del mar o salmueras.

DESARROLLO SOSTENIBLE: es el desarrollo que sienta las bases para el crecimiento económico, el incremento de la calidad de vida y el bienestar social, sin arrasar los recursos naturales disponibles, ni afectar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades, por lo menos en las mismas condiciones que las actuales.

EFFECTO FOTOVOLTAICO: mediante el cual ocurre la conversión directa de la energía lumínica en energía eléctrica.

EFECTO INVERNADERO: aumento en la temperatura atmosférica, generado como el resultado de la alta concentración de algunos gases, como el dióxido de carbono.

EFICIENCIA: en el caso de las células solares, se define como el porcentaje de energía solar que transforma la célula en energía eléctrica. Dependiendo de la tecnología y la producción técnica disponible, puede variar entre un 5% y un 30%.

ENERGÍA: capacidad característica de todas las sustancias o materia que le permite producir trabajo o movimiento en forma de, luz, calor, etc.

ENERGÍA RENOVABLE: energía que se genera a partir del aprovechamiento de fuentes naturales consideradas no agotables, tanto por su enorme disponibilidad como resiliencia. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, solar, la biomasa, entre otras.

ENERGÍA SOLAR: energía renovable obtenida a partir de la utilización de los energéticos provenientes del sol.

EUTROFIZACIÓN: acumulación de residuos orgánicos en ecosistemas acuáticos como lagos y embalses, que causa la reproducción de algas.

FOTÓN: partícula mínima de energía luminosa o electromagnética que es producida, transmitida y absorbida.

FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA: son los recursos energéticos más populares y más ampliamente consumidos a nivel mundial.

FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE: recursos de energía renovable considerados como sostenibles ambientalmente. Dentro de este grupo se encuentra la biomasa, la energía eólica, la energía geotérmica, la energía solar, entre otras.

GASES DE EFECTO INVERNADERO: abreviado GEI, son los gases emitidos a la atmósfera que contribuyen al incremento de la temperatura global generando el cambio climático.

KILOVATIO: unidad que cuantifica la potencia y que equivale a 1000 vatios. A su vez, el vatio es la unidad utilizada en el sistema internacional, equivalente a un Joule por segundo.

MÓDULO O PANEL FOTOVOLTAICO: es el conjunto formado por unidades fotovoltaicas interconectadas, y que está provisto de terminales que permiten su conexión a la instalación.

PANEL SOLAR: dispositivo que aprovecha la radiación solar. También se le denomina módulo solar.

RADIACIÓN SOLAR: medida de la energía solar que es irradiada en una superficie durante un tiempo determinado.

SILICIO: elemento químico que constituye casi en su totalidad las células de un panel solar. Es metálico, de coloración gris oscura y semiconductor.

SISTEMA AISLADO O REMOTO: sistema fotovoltaico y autónomo, lo que implica que no esté conectado a la red eléctrica. Requieren de elementos de acumulación como las baterías y son utilizados generalmente en lugares remotos.

SISTEMA CONECTADO A LA RED: sistema fotovoltaico que actúa como una central eléctrica, y que suministra energía a la red.

TERATOGENO: sustancia fisicoquímica o agente infeccioso que puede causar malformaciones o defectos congénitos.

UNIÓN P-N: principal estructura de los componentes semiconductores, constituida por la unión siderúrgica entre el silicio y el germanio.

ZONAS NO INTERCONECTADAS: zonas constituidas por municipios, corregimientos y caseríos que no se encuentran conectadas o abastecidas por la red energética nacional.

RESUMEN

Sustituir el petróleo por fuentes de energía renovables es una de las principales decisiones que se deberían tomar con el fin de reducir el cambio climático, asociado a los gases de efecto invernadero, generados en su mayoría por la combustión de combustibles de origen fósil. La principal ventaja de las energías renovables es su considerada inagotable fuente de emisión, es decir, el aire para el caso de la energía eólica, los movimientos de las placas tectónicas para la energía geotérmica así como el sol para la energía solar. Ésta última, es la fuente de energía más abundante y limpia y por tal razón, una de las grandes aspiraciones de la ciencia moderna es utilizar la luz solar como una de las fuentes energéticas principales, incluso por encima de las tradicionales, como el petróleo, el gas y el carbón.

Hasta hace poco, fabricar células solares era muy costoso, lo que impedía una mayor implementación de aplicaciones de este tipo. Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido en la actualidad generar procesos que permiten fabricar células solares más delgadas y económicas que sus predecesoras, y que además puedan ser instaladas en superficies de tejados, paredes, celulares, automóviles etc. Es importante resaltar que la discusión sobre energía solar no debe limitarse únicamente al uso de paneles solares y energía fotovoltaica, por el contrario, debe proyectarse hacia nuevos campos de desarrollo e investigación.

Entender qué está sucediendo, hacia dónde se están proyectando los desarrollos tecnológicos y hacia dónde se dirige el país con estas nuevas tendencias, permitirá establecer lo que necesita Colombia para no quedarse rezagado frente al cambio que vive el resto del mundo. Es por esto que el presente documento se realizó mediante un análisis que comprende el panorama actual del uso de energías renovables con un enfoque hacia la energía solar, particularmente en el país, mediante una inspección a su normatividad en materia ambiental, específicamente aquella referente a la implementación de energías alternativas, a los casos exitosos de aplicación de energía solar referenciados en los principales periódicos nacionales así como una muestra del potencial solar energético que posee Colombia a través de los mapas de radiación solar, provistos por el IDEAM.

Palabras clave: Energía Solar, Energías Renovables, Sostenibilidad Ambiental, Colombia, Aplicaciones Energía Solar.

INTRODUCCIÓN

La energía solar, definida como la cantidad de radiación o energía radiante que recibe la tierra, es una de las fuentes que pertenecen al abanico de las energías renovables que mayor desarrollo presenta en la actualidad, así como una gran proyección hacia el futuro cercano, debido en buena parte a la reducción en los costos de instalación. Además es una fuente de energía que tiene importantes ventajas sobre otras dadas su naturaleza inagotable y renovable así como su emisión nula de contaminantes. Sin embargo, para su utilización, es necesario considerar algunos factores inherentes a ésta, como su tendencia a ser intermitente y su variabilidad que es prácticamente imposible de controlar, que demandan la transformación a otra forma de energía con el fin de ser útil para diversos propósitos.

La posición geográfica es uno de los factores fundamentales a tener en cuenta para determinar la cantidad de radiación solar que es recibida en un lugar en particular, y que finalmente determinará la eficiencia que un proyecto de implementación de energía solar podría tener. Para el caso particular de Colombia, su posición privilegiada en latitudes ecuatoriales, a parte de permitirle ser un país líder en biodiversidad, le da el privilegio de ser considerado como un territorio con enorme potencial en la materia en discusión. Pese a ello, es notorio el retraso y la aparentemente poca importancia que se le da a una fuente renovable que, junto con las otras, podría aliviar problemas, locales y universales, que aquejan al medio ambiente y a todos los seres vivos en general.

La enorme potencialidad de la que goza Colombia en materia solar se limita a unas pocas aplicaciones, como son: calentamiento de agua en casas y en industrias, potabilización de aguas no potables mediante radiación UV y generación de electricidad a pequeña escala.

La finalidad de este estudio, elaborado en mayor medida mediante la consulta y análisis de información encontrada en libros, textos científicos y periódicos referentes a energía solar en el país, es mostrar el estado actual de desarrollo de este tipo de energía limpia en el territorio nacional, su marco jurídico y su enorme potencial, que podría llevar a la implementación de proyectos solares a gran escala, que generarían impactos positivos sobre el ambiente y el desarrollo económico del país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Demostrar la viabilidad de la implementación a gran escala de la energía solar al sistema energético nacional, teniendo en cuenta inicialmente las aplicaciones y tendencias de la energía solar y posteriormente los propósitos y alcances del marco normativo vigente de Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el desarrollo actual de las aplicaciones y tendencias de la energía solar en Colombia a partir de la recopilación de información secundaria.
- Identificar los propósitos y alcances de la implementación de la energía solar en Colombia, mediante la inspección del marco normativo vigente.
- Relacionar las aplicaciones y tendencias de la energía solar con los propósitos establecidos en el marco normativo vigente en Colombia.
- Mostrar los beneficios ambientales y sociales de la implementación de la energía solar en Colombia a gran escala, de acuerdo con los propósitos establecidos en el marco normativo vigente.

1. MARCO TEÓRICO - GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una fracción importante dentro de los bastos conceptos de energía y fuentes de energía; por tal motivo, es necesario en primera instancia abarcar dichos conceptos con el fin de facilitar el entendimiento de ésta, sus principales aplicaciones y su panorama de participación a nivel mundial y a nivel nacional.

1.1 ENERGÍA

El concepto de energía está relacionado con la capacidad que tiene la materia de generar o realizar trabajo, esto, en forma de movimiento, luz, etc. y que además se considera como una cantidad que se conserva. La existencia de materias primas energéticas no significa que puedan ser empleadas para la obtención de energía útil, ya que se debe cumplir con ciertas condiciones, siendo las más importantes la viabilidad técnica para la explotación de dichas materias; económica, es decir, costos de extracción y producción inferiores a los precios establecidos por el mercado y una mayor cantidad de energía útil obtenida respecto a la consumida en su extracción y transformación.

1.1.1 Fuentes de Energía. Pese a existir distintas clasificaciones de las fuentes de energía, para este caso particular, se clasifican en no renovables y renovables: las no renovables, como el petróleo, carbón y el gas, existen en cantidad limitada en la naturaleza, no son renovables al menos a escala humana y son las mayormente usadas a nivel mundial; en contraposición, las renovables se caracterizan por tener un potencial energético inagotable debido a que se obtienen de fuentes naturales inagotables, como el sol, el aire y el calor generado bajo la superficie de la tierra. Además "(...) constituyen fuentes de abastecimiento energético autóctonas y respetuosas con el medio ambiente"¹. Existen diferentes fuentes de energía renovable, dentro de las que se encuentran la biomasa, eólica, geotérmica, mareomotriz y solar, siendo ésta última, el objeto de esta investigación.

1.1.2 Antecedentes del Uso de Fuentes de Energía no Renovable. Respecto a la historia o antecedentes del uso de energía a nivel mundial, cabe resaltar que la civilización moderna gracias a los avances científicos y tecnológicos de la humanidad, presentó un periodo histórico de enormes cambios, conocido como la revolución industrial entre los siglos XVIII y XIX. Ese período marcó el límite entre el trabajo netamente manual hecho por una sociedad campesina y uno que se transformó en mecánico y a gran escala desarrollado en las grandes industrias y fábricas, que pretendían aumentar la eficiencia de sus procesos y cuyos principales recursos eran el vapor de agua y el carbón. Este mineral es

¹ ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES. Renovables, tipos y ventajas [Sitio web]. [Consultado 12, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://appa.es/01energias/02tipos.php>.

considerado como un recurso energético no renovable y es sumamente contaminante y que fue rápidamente sustituido por otro combustible más eficiente. Posteriormente, con el “boom” petrolero en Estados Unidos, y en el resto del mundo si se quiere, iniciado en 1859 con la perforación del primer pozo productor de petróleo hecho por Edwin Drake en el estado de Pensilvania, junto con la invención del motor de combustión interna, del automóvil y de su posterior producción en masa, el mundo inició una dependencia energética de este otro recurso no renovable, el petróleo. Hasta el día de hoy, son muchos los impactos negativos que el uso de este combustible fósil ha causado al ambiente, aspecto que desde hace relativamente poco es tenido en cuenta en la legislación ambiental de los países.

1.1.3 Panorama Actual del Uso de Fuentes de Energía no Renovables. La gran dependencia de los combustibles fósiles, ya prolongada, ha conllevado al aumento exagerado de emisiones de GEI, que según el Consejo Mundial de Energía (WEC, por sus siglas en inglés) “(...) podrían duplicarse para el año 2050”². En Colombia, la discusión se centra en el agotamiento de las reservas de petróleo, escenario que podía ocurrir salvo si se descubren nuevos yacimientos. “Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el 2011 concluyó con unas reservas del llamado “oro negro” de 2259 millones de barriles. En ese mismo año las empresas petroleras produjeron 334 millones de barriles, un ritmo de extracción que agotaría las existencias de crudo en 6 años y 8 meses”³. Por otra parte, la desmedida utilización de esta fuente de energía fósil ha afectado negativamente el medio ambiente, en aspectos como la deforestación asociada a la adecuación de locaciones petroleras; el vertimiento de aguas contaminadas por procesos de extracción en fuentes hídricas; el deterioro de la capa de ozono; el aumento de la temperatura global y aumento de la salinidad del suelo que lo inutiliza para cualquier labor agraria, entre otros. Adicionalmente, según el Ministerio de Minas y energía en su documento Energía Eléctrica: Memorias al Congreso de la República, “entre el año 2011 y 2012, el 74,9% de la energía generada en el país se realizó a partir de recursos hidráulicos, es decir, centrales hidroeléctricas”⁴, cuyas construcciones generaron impactos ambientales negativos, como la reducción de la sedimentación de materiales sólidos y por ende erosión de las orillas del río aguas abajo de la central; la eutrofización, o aumento de nutrientes en el agua represada, que facilita el crecimiento de algas y hierbas

² WORLD ENERGY COUNCIL. What are the energy realities? Challenging the myths, defining the future. [Sitio web]. [Consultado 3, Mayo, 2016]. Disponible en: <http://www.worldenergy.org/news-and-media/news/world-energy-council-releases-major-studies-at-world-energy-congress/>

³ EL UNIVERSAL. Las reservas de petróleo en Colombia solo dan para 7 años. [Sitio web]. Bogotá. 21, Abril, 2013. [Consultado 3, Mayo, 2016]. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/economica/las-reservas-de-petroleo-en-colombia-solo-dan-para-7-anos-116887>

⁴ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Memorias al congreso de la república 2014 – 2015. [Sitio web]. [Consultado 3, Mayo, 2016]. Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10180/6102055/1-MEMORIAS2015_Intro.pdf/fe105aa4-cdaa-4d26-b9dd-8660244acaa8

acuáticas que concentran todo el oxígeno disuelto del el agua y por tanto acaba con la vida de las demás especies del ecosistema; cambios climáticos locales en los promedios de temperatura, precipitaciones, vientos y humedad relativa del aire y desplazamiento de las comunidades asentadas en los territorios a ser inundados, entre otros. Debido a lo ya mencionado y a la creciente preocupación a nivel mundial por los efectos negativos que el consumo energético de recursos no renovables causa al medio ambiente, el concepto de energías alternativas, una de ellas la energía solar, ha cobrado cierta importancia últimamente; cierta debido a que, aunque se evidencia un crecimiento en la utilización de éstas, aún resulta poco competitiva frente a otras fuentes de energía tradicionales, como el carbón y el petróleo, que para el 2011 marcaron un 30,3% y un 33,1%, respectivamente, del consumo nacional. Para ese mismo año, “se estimó un crecimiento del 86,3% en la utilización de la energía solar, un gran valor que se enmarca dentro del 2,1% de utilización de fuentes renovables de energía”⁵.

1.2 ENERGÍA SOLAR

La energía solar, renovable y limpia, se define como la energía resultante de reacciones nucleares generadas en el interior del sol, y que llega a la atmósfera y superficie terrestre en partículas de energía denominadas fotones; su intensidad depende principalmente de la latitud y en segunda medida de la época del año y la hora del día. Además, puede aprovecharse por su capacidad para calentar, energía solar térmica, y en dispositivos conocidos como paneles o módulos solares, energía solar fotovoltaica, para la generación de electricidad.

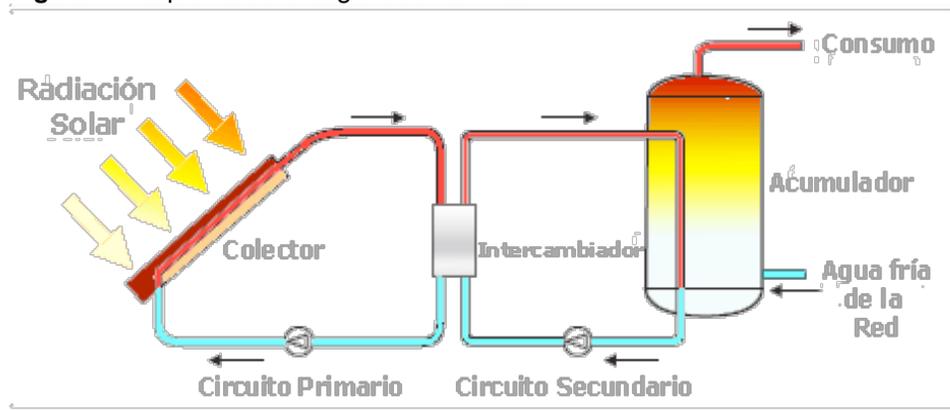
1.2.1 Energía Solar Térmica. La energía solar térmica o termosolar de concentración, consiste en concentrar la radiación solar con el fin de que sea transferida a un medio conductor de calor, como el agua. Su principal aplicación consiste en la generación de energía eléctrica a partir del calentamiento de agua haciendo uso de la luz solar hasta producir vapor que se utilice para obtener energía eléctrica; el anterior es el principio básico de operación de las centrales termosolares, cuyo funcionamiento es similar al de una central térmica convencional, pero en lugar de carbón o gas utiliza la energía del sol. Cabe anotar que hoy día estas centrales tienen la capacidad de almacenamiento de energía, lo que les permite producir electricidad aun en la noche. Los rayos solares son almacenados haciendo uso de espejos que los reflejan en un receptor. Seguidamente, este calor calienta un fluido que produce el vapor capaz de mover una turbina generadora de electricidad. Actualmente existen tres grandes tipos de centrales termosolares, que producen electricidad de forma similar, salvo en la manera en la que la energía solar es concentrada: central de disco parabólico, en el que el espejo reflector debe tener una superficie cóncava para luego concentrar

⁵ BRITISH PETROLEUM. Statistical Review of World Energy 2012. [Sitio web].s.f. [Consultado 3, Mayo, 2016]. Disponible en: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/html/Statistical_Review_of_World_Energy_2012_video.html

los rayos del sol en un motor situado en el foco del espejo; central de torre, en la que se hace uso de espejos que en conjunto se conocen como heliostato, encargado de orientar y dirigir los rayos solares a un receptor central ubicado en lo alto de una torre; y la central de cilindro parabólico, en donde los espejos de forma cilíndrica permiten ubicar en su eje la tubería donde se concentran los rayos del sol, que calientan un fluido cuyo vapor mueve una turbina. El esquema de este tipo de energía solar se representa en la **Figura 1**.

De manera adicional, los espejos discutidos en la párrafo anterior también se conocen como colectores de energía solar, que son clasificados dependiendo de su temperatura ideal de funcionamiento, que puede estar entre los 65°C hasta los 500°C. Dicho esto, se clasifican como colectores de baja, media y alta temperatura, estos últimos usados para generar energía eléctrica.

Figura 1. Esquema de energía solar térmica



Fuente: ENERGÍA SOLAR. Sistemas que forman una instalación de energía solar térmica. [Sitio web]. Disponible en: <http://solar-energia.net/energia-solar-termica>

1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica, esquematizada en la **Figura 2**, es la transformación directa de la radiación solar en electricidad, producida en los procesos que tienen lugar en los paneles fotovoltaicos, hechos en su mayoría de silicio: la radiación solar excita los electrones presentes en el dispositivo semiconductor del panel para generar un voltaje, mayor a medida que se conecte una cantidad mayor de módulos, que posteriormente es utilizado como energía. Cuentan con la ventaja de poder ser instalados en variedad de lugares y tamaños, es decir, desde plantas fotovoltaicas de tamaño industrial hasta tejados domésticos. Las células solares, elementos primarios de los paneles, actúan de manera similar a una batería; en éstas, los rayos solares recibidos dividen los electrones que construyen dos capas de diferentes cargas, positiva y negativa, que generan corriente eléctrica, directamente proporcional a la cantidad de radiación solar recibida y que se aumenta combinando varias células que forman un panel solar, que en conjunto pueden erigir una planta fotovoltaica, cuya potencia la definirá la cantidad de paneles solares conectados. “En la práctica, la

potencia máxima de la instalación se calcula con base en la radiación solar del lugar, las necesidades de energía eléctrica del usuario y la superficie disponible para la instalación de los paneles solares. La potencia máxima de una instalación fotovoltaica se indica en kilovatios pico (kWp) o megavatios pico (MWp)⁶.

Figura 2. Esquema de la energía solar fotovoltaica

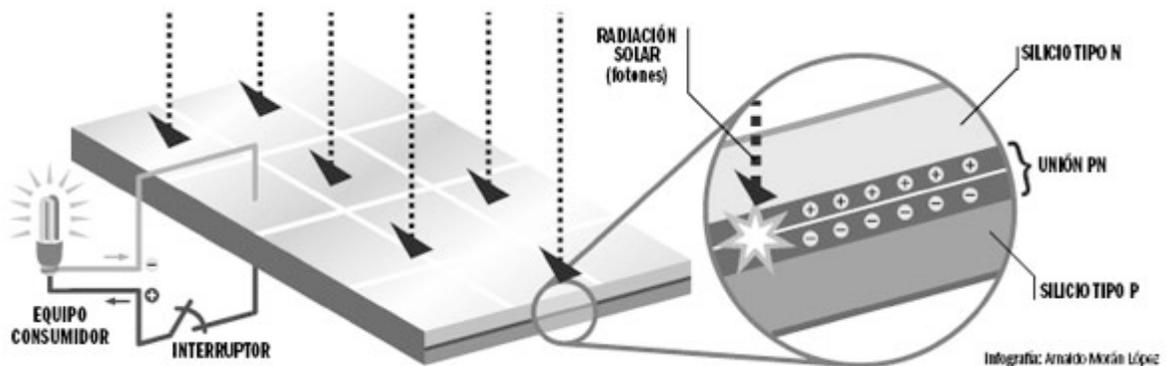


Fuente: ENERCO RENOVABLES. Energía solar fotovoltaica / Conexión aislada. [Sitio web]. Disponible en: <http://www.cubiertasol.es/fotovoltaica-conexion-aislada.html>

1.2.2.1 Funcionamiento de un panel solar. Para transformar la energía del sol en energía aplicable, es necesario emplear una célula fotoeléctrica que permite la transformación de la energía, y que se rige por el efecto fotoeléctrico, que genera una emisión de electrones, resultantes en corriente eléctrica, a partir del impacto de fotones en la superficie semiconductor del panel. La radiación solar transmite energía a los electrones presentes en los materiales semiconductores, lo que les permite romper la barrera de potencial de la unión P-N para liberarse a través de un circuito, convirtiéndose en energía utilizable, que depende, en cuanto a potencia se refiere, de la combinación que se les da a las células fotovoltaicas. Para anotar, la célula fotovoltaica es el elemento más básico de un módulo solar, que también se conforma por un sostén y por materiales aislantes y protectores de los componentes abrasivos del aire; el funcionamiento de estos se puede evidenciar en la **Figura 3**.

⁶ GREEN ENERGY LATIN AMERICA. Energía solar – fotovoltaica: la energía de la naturaleza. [Sitio web]. [Consultado 12, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.greenenergy-latinamerica.com/es/energia-solar-solar-fotovoltaica-197>.

Figura 3. Esquema del funcionamiento de un panel solar



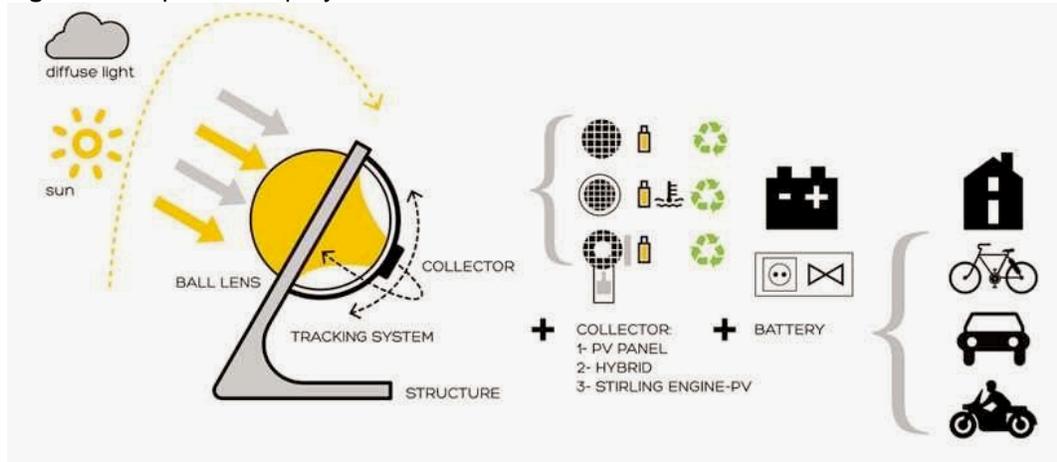
Fuente: INFOGRAFÍA DE LOS PÁNELES SOLARES. [Sitio web]. Disponible en: <http://www.juventudrebelde.cu/multimedia/fotografia/generales/infografia-de-los-paneles-solares/>

Aparte del silicio, el cloruro de cadmio, caro de producir y aparte tóxico, es otro de los compuestos frecuentemente utilizados en la fabricación de paneles solares. Sus características demandan fuertes medidas industriales de seguridad con el fin de garantizar la salud del personal empleado tanto en la fabricación como disposición final de los módulos solares. Lo anterior es verificado en la hoja informativa sobre sustancias peligrosas, elaborada por el New Jersey Department of Health, en donde se califica este compuesto como “carcinógeno y teratógeno con consecuencias negativas en la salud reproductiva, irritaciones, fiebre e incluso edemas pulmonares, dependiendo del tiempo de exposición”⁷. Por tal motivo, científicos del Instituto Stephenson de Energías renovables de la Universidad de Liverpool, establecieron que el cloruro de cadmio puede ser reemplazado por cloruro de magnesio, que se extrae del agua marina y que se utiliza, por ejemplo, como ingrediente para la preparación del tofu y que además “(...) no es tóxico y cuesta menos de un centavo de dólar por gramo”⁸. Nuevas tendencias e investigaciones, han resultado en el diseño de paneles solares con una eficiencia aumentada hasta en un 35%, como es el caso del proyecto Rawlemon, **Figura 4**, liderado por el arquitecto alemán André Broessel, que consiste en un generador solar esférico que concentra la luz en un punto específico a partir de un vidrio totalmente transparente cuando se es colocado.

⁷ NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH. Hoja informativa sobre sustancias peligrosas, Cloruro de Cadmio. [Sitio web]. [Consultado 18, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0308sp.pdf>

⁸ MAJOR, J. D., et al. A low-cost non-toxic post-growth activation step for CdTe solar cells. *Nature*, 2014, vol. 511, no 7509, p. 334-337.

Figura 4. Esquema del proyecto Rawlemon



Fuente: INGENIERÍA VERDE. Tecnología que mejora la eficiencia de los paneles solares en un 35%. [Sitio web]. Disponible en: <http://www.ingenieriaverde.org/rawlemon-generador-solar-esferico/>

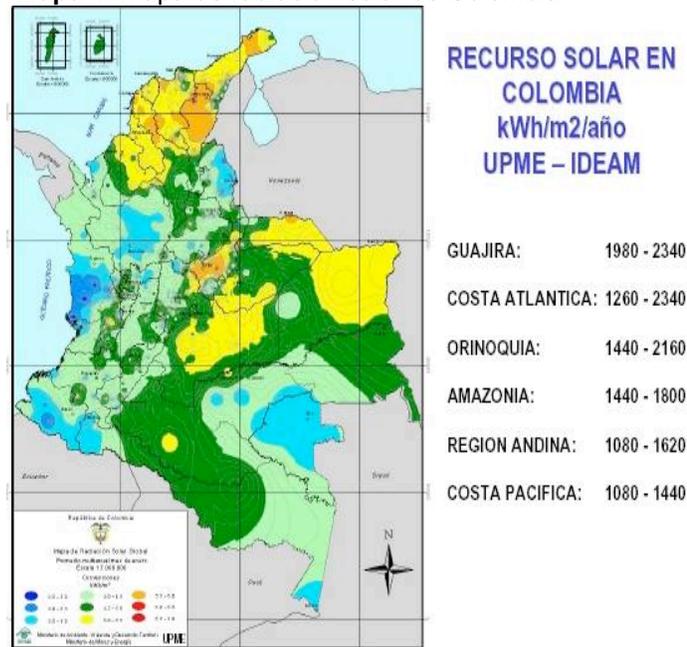
1.2.3 Aplicaciones de la Energía Solar en Colombia. Dentro de las aplicaciones de la energía solar, se pueden diferenciar para zonas interconectadas y no interconectadas al sistema energético nacional. Para las zonas interconectadas, no se requiere que los sistemas, ideales para complejos que con alta demanda energética como centros comerciales, hoteles y hospitales, tengan baterías de almacenamiento y la energía utilizada tiene su origen en la red eléctrica y en el sistema de energía solar. En zonas no interconectadas, como centros de salud y centros educativos localizados en puntos rurales, los sistemas son planeados con base en la necesidad de garantizar el suministro de electricidad a lo largo de todo el día y la noche. Para ambos casos, los usos más comunes y difundidos en el país son los sistemas de bombeo para acueductos de pequeñas comunidades, otros usados en agricultura; las lámparas solares, que son sistemas de iluminación autónomos; los sistemas de refrigeración y los calentadores de agua.

1.2.4 Panorama Actual de la Energía Solar a Nivel Mundial y Nacional. Respecto al panorama mundial de la energía solar, se ha evidenciado un crecimiento acelerado, particularmente en la última década, impulsado por el desafío que supone la generación de energía en estos tiempos de crisis ambiental. Dicho crecimiento ha sido fruto de la articulación implementada por algunos países, como Alemania, que permiten la facilidad tanto para la distribución como para la instalación de la energía solar incluso a nivel mundial. “A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40000 MWp según datos de fabricación de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29000 MWp, un 72%, se localiza en la Unión Europea. Para

los próximos años se espera que el continuo crecimiento de la última década a nivel mundial se mantenga”⁹.

En contraposición, el panorama de la energía solar en Colombia actualmente es poco prometedor, pese a su gran potencial en esta materia debido a su posición geográfica en el Ecuador, lo que indica que el territorio nacional recibe a lo largo del año una excelente y poco variable cantidad de radiación solar: “De los 6 MW de energía solar instalados en Colombia (equivalente a aproximadamente 78000 paneles solares), 57% está distribuido para aplicaciones rurales y 43% para torres de comunicación y señalizaciones de tránsito”¹⁰. Tal potencial se hace evidente en el **Mapa 1** de radiación solar, que muestra los valores promedio de radiación en distintas regiones del país, considerando que la máxima radiación solar registrada en el planeta es de 2500 Kilowatts Hora / metro cuadrado / año (kWh/m²/año):

Mapa 1. Mapa de radiación solar de Colombia



Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Evaluación convocatoria 2006. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303014/Contenido_EXE/FAE/leccin_4.html

Lo anterior significa que la variación de la radiación solar en Colombia varía entre un 58% y un 84%, respecto al valor máximo, lo que demuestra el gran potencial de

⁹ SUELO SOLAR. Situación actual de la energía solar fotovoltaica en el mundo. [Sitio web]. [Consultado 18, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=6209>

¹⁰ LA REPÚBLICA. Colombia, un mercado con potencial en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 8, Marzo, 2012. [Consultado 18, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-un-mercado-con-potencial-en-energ%C3%ADa-solar_3773

este recurso en el país. El estado colombiano impulsa la implementación de esta y otras energías renovables, mediante la ley 1715 del 13 de Mayo de 2014, que regula la integración de las energías renovables al sistema energético nacional.

1.2.5 Beneficios sociales de la energía solar. Evaluando el sistema energético actual de Colombia, se encuentran ventajas y desventajas generadas en mayor medida por su posición en el planeta y su geografía accidentada por las tres cordilleras que predominan sobre la mayor parte de su territorio; ventajas como un enorme potencial solar energético y desventajas como localidades apartadas y no conectadas a la red energética; ésto significa que al día de hoy aún existen colombianos que no tienen acceso a tan básico elemento, tanto en las ya mencionadas zonas apartadas como en los alrededores de ciudades capitales, habitados de manera ilegal en mayor medida por personas desplazadas, víctimas de la violencia y otros fenómenos sociales. Se hace evidente entonces la pésima calidad de vida que sufren estas comunidades, pero que puede mejorar al menos en el aspecto de acceso al servicio público de la energía eléctrica, con la implementación de proyectos de energía solar, relativamente económicos, que permiten o generan ciertos beneficios, como la iluminación, sobre todo en las noches, tanto en calles como en cada casa en particular mediante lámparas que funcionan con luz solar, así como otras interesantes aplicaciones como la refrigeración y sistemas para el calentamiento de agua. Kantinurwa es un pueblo indígena localizado en la sierra nevada de Santa Marta, evidentemente aislado al menos en lo que respecta al sistema energético nacional, y en el que en el año 2013, "(...) se aprobó la entrada de paneles solares para la escuela y el centro de salud"¹¹, pese al rechazo por parte de la comunidad indígena de recibir elementos externos a ella.

Otro de los ejemplos aplicados de energía solar es el evidenciado en Granizal, que es un barrio ilegal localizado en la ciudad de Medellín y que es hogar de aproximadamente ocho mil personas, mayormente desplazadas. En 2014, la organización Un Litro de Luz, suministró a este barrio de un "sistema que consiste en unos postes de luz de bajo costo: cada uno vale alrededor de 700.000 pesos"¹² con lámparas alimentadas por energía solar y que generan una serie de impactos positivos que van desde lo social, como mejora en la seguridad del barrio particularmente en la noche y el refuerzo del trabajo comunitario, hasta lo medioambiental.

¹¹ EL ESPECTADOR. La luz que dejó entrar el pueblo Arhuaco. [Sitio web]. Bogotá. 11, Septiembre, 2013. [Consultado 18, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/educacion/luz-dejo-entrar-el-pueblo-arhuaco-articulo-445868>

¹² EL TIEMPO. Emprendedores colombianos llevan luz a zonas pobres y en conflicto. [Sitio web]. Bogotá. 11, Junio, 2015. [Consultado 18, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/emprendedores-colombiano-lleva-luz-a-zonas-pobres-y-en-conflicto/15932180>

2. PROPÓSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

El común denominador de las políticas energéticas en la mayoría de países ha sido el aumento gradual del suministro de energía limpia y renovable. Avances en esta meta se han venido cumpliendo mediante estrategias de desarrollo, como en la Unión Europea, que “se ha propuesto la meta de alcanzar el 20% del suministro de su energía con renovables para el 2020, acorde a su política de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero”¹³.

A nivel latinoamericano, en el 2003, el gobierno de Brasil convocó a la Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables, en la que los países del continente acordaron promover e impulsar el uso de estas energías para lograr que en el año 2010 el 10% del suministro energético de la región procediera de las energías renovables y con el fin de “mejorar, de paso, la situación de pobreza en que viven muchos habitantes del planeta y la creciente contaminación ambiental que el uso indiscriminado de fuentes de energía fósiles ha generado”¹⁴. Lastimosamente, los efectos y consecuencias de esta conferencia no han podido ser cuantificables hasta el día de hoy.

De la misma manera, Colombia está encaminada en dichas metas, aunque no al ritmo de un país que claramente goza de un enorme potencial para aplicar proyectos de energía renovable a gran escala. Es por esto que en el 2014 fue publicada la ley 1715, “por medio del cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”¹⁵.

2.1 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A NIVEL MUNDIAL

La actual situación mundial, crítica si se quiere, y centralizada en el calentamiento global, ha generado una creciente preocupación y posterior concientización que radican sobre el uso de la energía renovable y la mejora en términos de eficiencia energética, que además de aportar solución al aumento gradual de la temperatura, pueden crear oportunidades laborales y mejora en la calidad de vida de millones de personas mediante el acceso al servicio esencial de energía eléctrica; esto se ha hecho posible, particularmente durante la última década, gracias a la caída muy

¹³ EUROPEAN COMMISSION. The climate action and renewable energy package, Europe's climate change opportunity. [Sitio web]. [Consultado 23, Agosto, 2016]. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.html

¹⁴ CEPAL. Conferencia regional promoverá el uso de energías renovables en América Latina y el Caribe. [Sitio web]. [Consultado 25, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.cepal.org/cgibin/getProd.asp?xml=/prensa/noticias/comunicados/4/13424/P13424.xml&xml=/prensa/tpl/p6f.xsl&base=/prensa/tpl/top-bottom.xsl>

¹⁵ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715 de 2014. [Sitio web]. [Consultado 25, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

pronunciada en los precios internacionales del barril de petróleo y la implementación de nuevas tecnologías y políticas económicas que permiten reducciones de costos, y por consiguiente el aumento en inversión para este área y en la generación de energía a partir de fuentes renovables, cada vez más competitivas, dado el panorama, respecto a la energía generada de manera tradicional y contribuyendo a la diversificación de la mezcla de energía. El **Cuadro 1** muestra el crecimiento, desde el año 2004 hasta el 2014, de la capacidad de energía renovable total en GW, muestra que la capacidad solar fotovoltaica pasó de 2,6 GW a 177 GW.

Cuadro 1. Crecimiento capacidad de energía renovable (GW)

ENERGÍA				
Capacidad de energía renovable (total, sin incluir hidráulica)	GW	85	560	657
Capacidad de energía renovable (total, incluir hidráulica)	GW	800	1.578	1.712
 Capacidad de energía hidráulica (total) ³	GW	715	1.018	1.055
 Capacidad de bioenergía	GW	<36	88	93
 Generación de bioenergía	TWh	227	396	433
 Capacidad de energía geotérmica	GW	8,9	12,1	12,8
 Capacidad solar fotovoltaica (total)	GW	2,6	138	177
 Energía solar térmica de concentración (total)	GW	0,4	3,4	4,4
 Capacidad de energía eólica (total)	GW	48	319	370

Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

Los países líderes en el uso de las distintas aplicaciones de la energía solar, fotovoltaica y térmica, son Alemania, China, Japón, Italia, Estados Unidos, Francia, España, Reino Unido, Australia, India entre otros, como se muestra en el **Cuadro 2**.

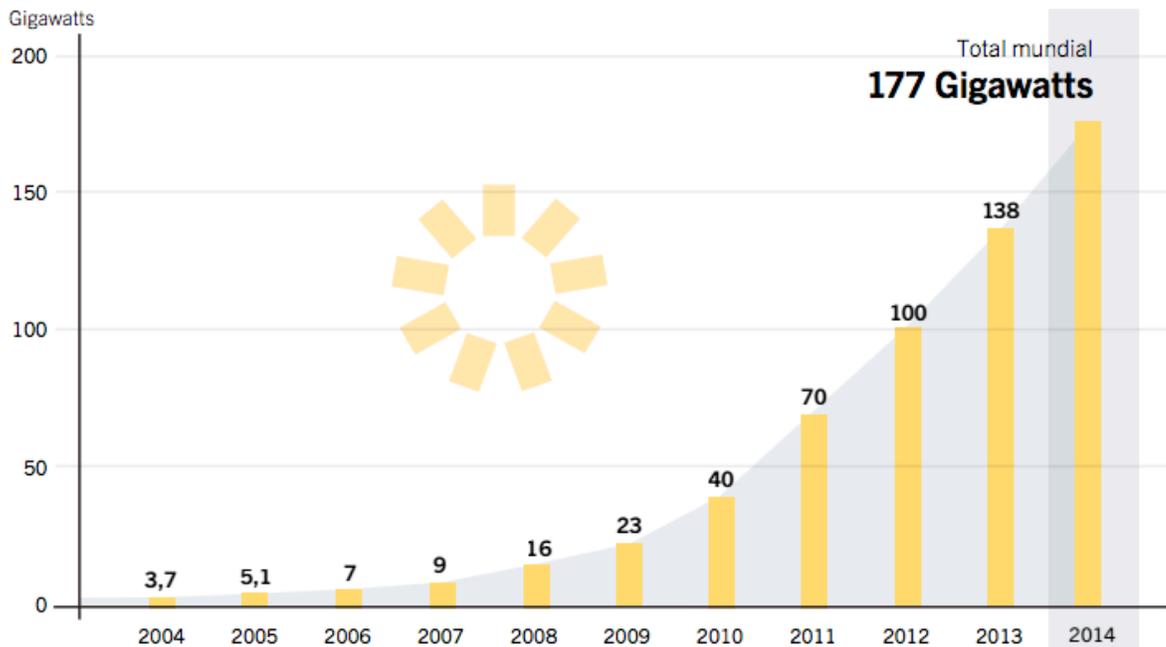
Cuadro 2. Capacidad o generación total para finales de 2014

	1	2	3	4	5
ENERGÍA					
Energía renovable (incl. hidro)	China	Estados Unidos	Brasil	Alemania	Canadá
Energía renovable (sin incl. hidro)	China	Estados Unidos	Alemania	España / Italia	Japón / India
Capacidad de energía renovable <i>per cápita</i> (sin incl. hidro ³ , entre los 20 líderes)	Dinamarca	Alemania	Suecia	España	Portugal
 Generación de bioenergía	Estados Unidos	Alemania	China	Brasil	Japón
 Capacidad de energía geotérmica	Estados Unidos	Filipinas	Indonesia	México	Nueva Zelanda
 Capacidad de energía hidráulica ⁴	China	Brasil	Estados Unidos	Canadá	Rusia
 Generación de energía hidráulica ⁴	China	Brasil	Canadá	Estados Unidos	Rusia
 Energía solar térmica de concentración (CSP)	España	Estados Unidos	India	Emiratos Árabes Unidos	Algeria
 Capacidad solar FV	Alemania	China	Japón	Italia	Estados Unidos
 Capacidad solar FV <i>per cápita</i>	Alemania	Italia	Bélgica	Grecia	República Checa
 Capacidad de energía eólica	China	Estados Unidos	Alemania	España	India
 Capacidad de energía eólica <i>per cápita</i>	Dinamarca	Suecia	Alemania	España	Irlanda

Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

Profundizando en la energía solar fotovoltaica, FV, ésta se establece como una de las principales fuentes de generación de electricidad en algunos países, sobre todo en los anteriormente nombrados, ya que su apresurada reducción de costos contribuye a que sea competitiva con los costos de la energía generada a partir de combustibles fósiles. Se estima que en el año 2014, la energía solar FV tuvo un crecimiento estimado en 40 GW, que se anexan a la capacidad mundial total de cerca de 177 GW, como se puede observar en el **Gráfico 1**.

Gráfico 1. Capacidad mundial total de energía solar FV, 2004-2014

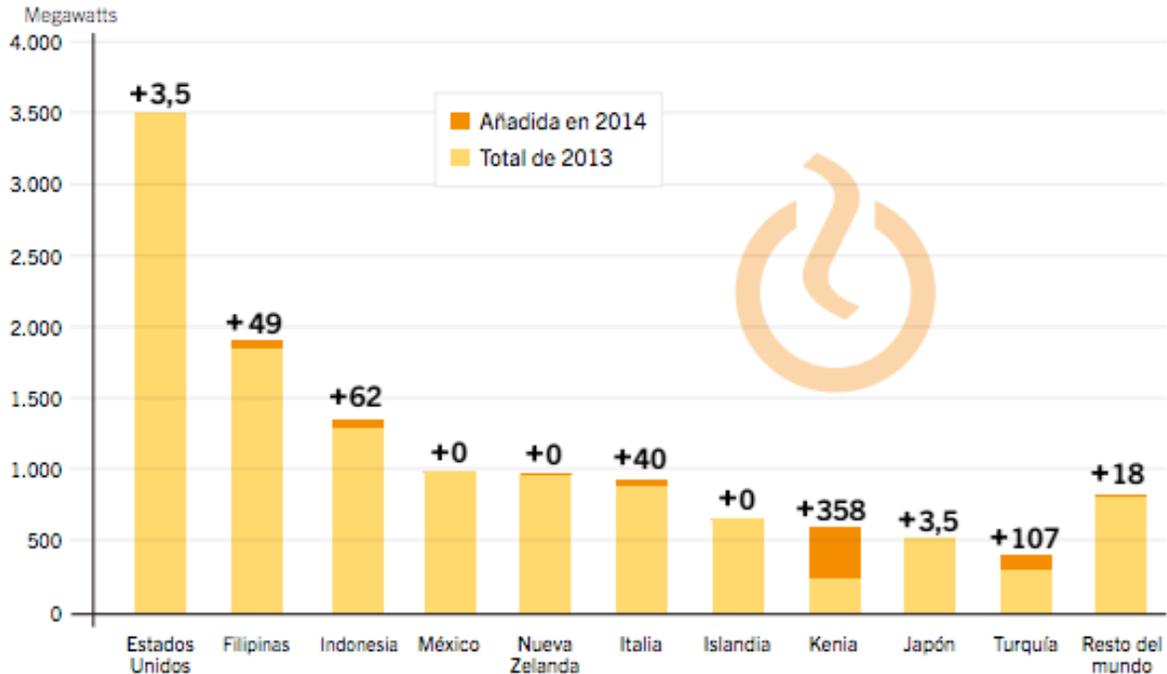


Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

El **Gráfico 2** muestra la capacidad de energía solar FV añadida durante el año 2014 en los diez países líderes en el aprovechamiento de este tipo de energía renovable. Nótese que China, Japón y Estados Unidos son los países que lograron mayor cantidad de Megawatts generados durante el 2014, en contraste con Alemania, que sigue siendo el líder mundial.

Respecto a la energía termosolar de concentración, CSP, continúa siendo la energía renovable menos desarrollada, pese a que en la última década presentó un crecimiento del 27%, llegando a 4,4 GW generados en el año 2014. España, Estados Unidos e India continúan siendo líderes en la generación de energía a partir de este tipo de energía solar, mientras que Sudáfrica y Marruecos fueron los mercados más activos en términos de construcción y planeación.

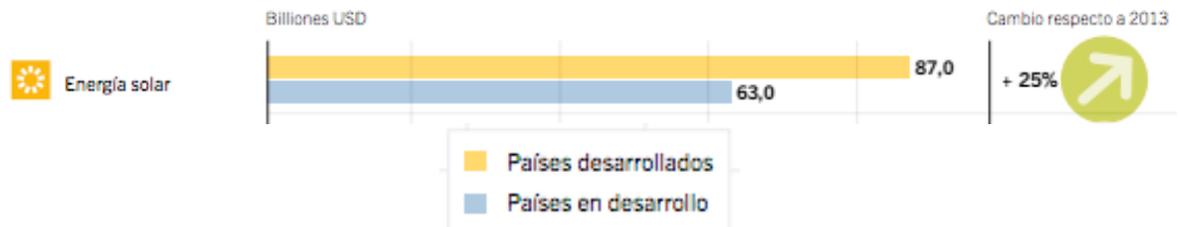
Gráfico 2. Adiciones de capacidad de energía solar FV para el 2014 en países líderes



Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

Finalmente, el **Gráfico 3** evidencia la inversión en billones de dólares que tanto países desarrollados como en vía de desarrollo, incluido Colombia, hicieron durante 2014; también se muestra el crecimiento respecto al año inmediatamente anterior, que para el caso de la energía solar fue de un 25%.

Gráfico 3. Inversión mundial en energía solar en el año 2014



Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

2.2 PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

Este numeral muestra el recuento de la política construida en Colombia encaminada al uso y aprovechamiento de fuentes de energía renovables, incluida la solar, con base en los tratados y convenios internacionales de los cuales el país ha sido partícipe, así como una vista más detallada del mapa de radiación solar y

algunos de los principales proyectos que actualmente se desarrollan para la generación de energía eléctrica aprovechando el recurso solar.

2.2.1 Colombia y protocolos internacionales. Como país considerado en vía de desarrollo, Colombia ha tenido una responsabilidad mínima en la emisión de gases de efecto invernadero, resultado de actividades efectuadas netamente por la humanidad. Sin embargo, su política energética está dirigida hacia la satisfacción sostenible de las necesidades económicas y de la población utilizando los recursos disponibles, considerando que el país posee territorio insular, ecosistemas costeros vulnerables, ecosistemas únicos de alta montaña, como los páramos, y bosques tropicales. Es por esto que “el Plan Energético Nacional (PEN) considera la componente ambiental como una estrategia transversal a todos sus objetivos: la conservación y el mejoramiento de la calidad ambiental”¹⁶.

La preservación del medio ambiente tiene un lugar muy importante en la política de Colombia. Desde la realización de la cumbre de la tierra de Río de Janeiro en 1992, es evidente la importancia que el país le da a la protección de sus ecosistemas; esto ha llevado a Colombia a ser notorio a nivel internacional. La singular riqueza natural presente a lo largo y ancho del territorio nacional han dirigido al estado hacia el sólido establecimiento de la larga lista de políticas que buscan la preservación del medio ambiente, que debe dirigir el funcionamiento del modelo económico actual y que a su vez debe basarse en los principios del desarrollo sostenible.

Colombia ha adoptado normas en el terreno ambiental, se ha suscrito a convenciones internacionales sobre la materia y ha generado áreas protegidas por medio de la creación de parques naturales; también se continúan fortaleciendo las relaciones internacionales, aprovechando la variedad de oportunidades existentes en materia ambiental. “Colombia ha liderado foros y acciones importantes de decisión mundial en las Naciones Unidas, en el campo ambiental, tales como: La Comisión de Desarrollo Sostenible; las negociaciones de un Protocolo sobre Bioseguridad y las discusiones intergubernamentales sobre bosques”¹⁷. A continuación se nombran algunos de los convenios internacionales de los que Colombia hace parte y cuyos objetivos pueden ser cumplidos mediante el uso de fuentes de energía renovable.

¹⁶ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME. Colombia y el protocolo de Kyoto. [Sitio web]. [Consultado 25, Agosto, 2016]. Disponible en: https://unfccc.int/files/adaptation/adverse_effects_and_response_measures_art_48/application/pdf/200310_ed_paper_colombia.pdf

¹⁷ COLOMBIA ANTE LAS NACIONES UNIDAS. Política exterior Colombiana en materia de medio ambiente. [Sitio web]. [Consultado 25, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.colombiaun.org/Temas%20prioritarios/medio_ambiente.html

El protocolo de Montreal, dentro del marco de la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, fue establecido el 16 de septiembre de 1987 y firmado por Colombia en 1992, con el objetivo de reducir y posteriormente eliminar el uso de las sustancias responsables del agotamiento de la capa de ozono.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, es la primera de las convenciones de las cuales el país hace parte; fue establecida el 9 de mayo de 1992 en Nueva York y entrada en funcionamiento el 21 de marzo de 1994; busca lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera al punto que éstas no afecten la adaptación natural de los ecosistemas al cambio climático ni la capacidad de elaboración de alimentos.

En 1997, los gobiernos involucrados en la CMNUCC, incorporaron un anexo al tratado, conocido como el Protocolo de Kyoto, pK, que establece objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los países mayormente responsables, incluidos los de la Unión Europea y otro treinta y siete más.

El Foro de Naciones Unidas sobre Bosques, UNFF, fue establecido en Octubre del año 2000, mediante un compromiso político que busca conservar los bosques y lograr sostenibilidad a largo plazo; ofrece de igual manera una guía referente a políticas de preservación de dichos ecosistemas.

El 23 de Mayo de 2001 fue firmado en Estocolmo el Convenio sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes, COPs, y que se encarga de regular la utilización de sustancias tóxicas como furanos y pesticidas.

Se denomina la cumbre de la tierra a las reuniones multilaterales entre jefes de estado con el objetivo de acordar y dialogar acuerdos sobre preservación ambiental, sostenibilidad y uso de fuentes alternativas de energía. La primera cumbre tuvo lugar en Estocolmo en 1972, seguida de las ocurridas en Río de Janeiro en 1992, Johannesburgo en 2002, en la que, con el fin de erradicar la pobreza, se debe establecer el acceso a la energía haciendo uso eficiente de ella y de fuentes renovables de energía, y Río de Janeiro nuevamente en 2012, conocida como Río+20.

Además, Colombia entró a hacer parte durante el 2013 de la Agencia Internacional de la Energías Renovables, IRENA, que es una organización intergubernamental formada en 2009 por 65 países, creada por Alemania, España y Dinamarca, con el objetivo de “promover la amplia y reforzada adopción de energía renovable con miras al desarrollo sostenible”¹⁸.

¹⁸ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Statute. [Sitio web]. [Consultado 25, Agosto, 2016] Disponible en: <http://www.irena.org/menu/index.aspx?mnu=cat&PriMenuID=13&CatID=126>

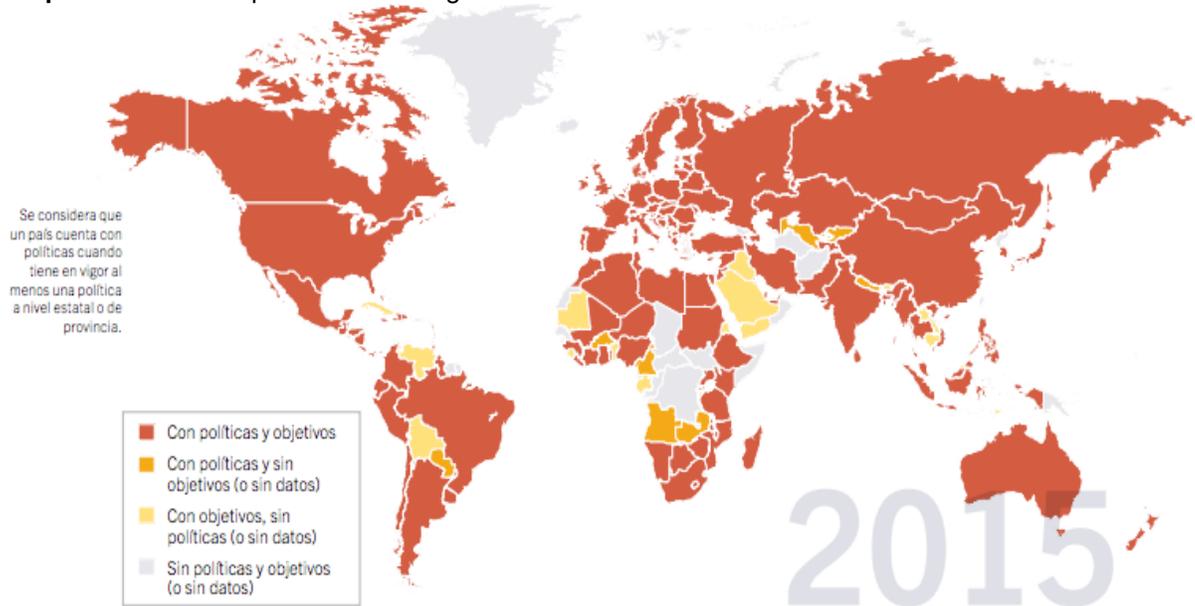
2.2.2 Marco jurídico colombiano. Con base en los protocolos y convenios internacionales a los que se ha adherido el gobierno nacional durante las últimas tres décadas, el estado colombiano ha establecido el siguiente marco jurídico, encaminado en el cuidado del medio ambiente a partir del fomento de las fuentes de energía renovable:

- 1) Ley 99 de 1993, en la que fue creado el ministerio de medio ambiente con el fin de ser el encargado de la administración y cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. Específicamente, en los numerales 32 y 33 del artículo número 5, se le encarga de la planeación de proyectos industriales con tecnologías limpias, o reconversión industrial y abastecidos por energía generada a partir de fuentes no contaminantes.
- 2) Ley 164 de 1994; a través de esta ley, el país aprobó la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecha en la ciudad de Nueva York el 9 de mayo de 1992, cuyo objetivo es el de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- 3) Ley 373 de 1997, que dicta el programa de eficiencia y ahorro de agua.
- 4) Ley 629 de 2000, que aprobó el Protocolo de Kyoto, creado el 11 de diciembre de 1997.
- 5) Artículo 83 de la ley 633 de 2000, sobre fondos obligatorios para la vivienda de interés social; establece que la construcción de infraestructura eléctrica en zonas no conectadas debe hacerse con recursos de un fondo financiero destinado a la electrificación en dichas zonas.
- 6) Ley 697 de 2001, la cual impulsa el uso eficiente del agua, que se considera de interés para toda la población colombiana, y la utilización de las energías renovables.
- 7) Decreto 3683 de 2003, que legaliza lo consignado en la ley 697 de 2001 acerca del uso racional de la energía y el fomento de energías renovables. Aunado a lo anterior, establece estímulos para llevar a cabo investigaciones sobre fuentes renovables de energía.
- 8) Ley 1665 de 2013, en el que fue aprobado el Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables, IRENA, creado en Alemania.
- 9) Ley 1715 de 2014, que regula todo lo relacionado con la utilización de las energías renovables como alternativa para la red nacional. A partir de esta ley, el ministerio de minas y energía publicó el proyecto de decreto que establece los fundamentos para la adquisición de incentivos para los que generen su propia energía de manera limpia.
- 10) Decreto 332 de 2016, elaborado por el ministerio de relaciones exteriores; con este decreto, el estatuto de la agencia internacional de energías renovables, entra en funcionamiento en el país.

2.3 APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DE LOS PROPÓSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

Expedida el 13 mayo del 2014, la ley 1715 posiciona a Colombia como un país, dentro del grupo de 164, con políticas y objetivos de energía renovable, cumpliendo con la condición de ser una ley en vigor a nivel de estatal, como se observa en el **Mapa 2**.

Mapa 2. Países con políticas de energía renovable a inicios de 2015



Fuente: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. [Sitio web]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

Se llevó a cabo una revisión de esta ley con el objetivo de identificar los propósitos que fueron establecidos para el desarrollo de la energía solar en Colombia, propósitos que son analizados desde el punto de vista de la gestión ambiental para lograr una visión general de la perspectiva del crecimiento del sector. Los objetivos identificados son los siguientes.

2.3.1 Desarrollo de fuentes de autogeneración. El artículo 5 define la autogeneración como “aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas, que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades”¹⁹. En el caso que haya energía sobrante, ésta podrá ser entregada a la red de distribución y transporte, y además será reconocida como créditos de energía respectivamente remunerados.

¹⁹ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715 de 2014. [Sitio web]. [Consultado 29, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

2.3.2 Promoción del desarrollo y uso de las fuentes no convencionales de energía. Para fomentar el uso de la energía procedente de las fuentes no convencionales de energía, se ha establecido una serie de incentivos fiscales y económicos, “orientados a mejorar el resultado económico del proyecto (al inversionista)”²⁰, como son:

- Exclusión del impuesto IVA a equipos y maquinaria empleados en la actividad de generación de energía.
- Depreciación acelerada de máquinas y equipos, sin exceder el 20% anual.
- Eliminación de aranceles para maquinaria, equipos y materiales importados.
- Reducción anual de la renta hasta por el 50% de la inversión durante 5 años.

El uso amplio de las fuentes no convencionales de energía en el país debe lograr establecer metas con base en parámetros y criterios ambientales. En este caso, una de las metas podría ser la reducción de gases de efecto invernadero de manera cuantificable.

2.3.3 Estímulos a la investigación científica y exploración. A cargo de Colciencias, a través de Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, SNCTI, la investigación será estimulada mediante una subvención, definida por el portal debitoor, como “una ayuda de tipo económico percibida por una persona o un grupo de personas desde un organismo público con el objetivo de ayudar a llevar a cabo cualquier actividad que necesita una inversión alta”²¹.

2.3.4 Fomento del aprovechamiento solar y zonas no interconectadas. Para los fines expresados en esta monografía, es evidente que este es el propósito identificado más importante y a parte el más desarrollado actualmente, junto con la autogeneración y la remuneración económica que esta debería tener. Consiste en hacer uso de la energía solar en urbanizaciones y edificios, tanto domésticos como empresariales, y en zonas no conectadas con el fin de alcanzar la sostenibilidad energética en el país, que se ve reflejada en “un sistema capaz de brindar seguridad en el abastecimiento energético, gestión eficiente de la energía, respuesta a la demanda, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y desarrollo económico sostenible”²²; aspectos que se pueden lograr usando a

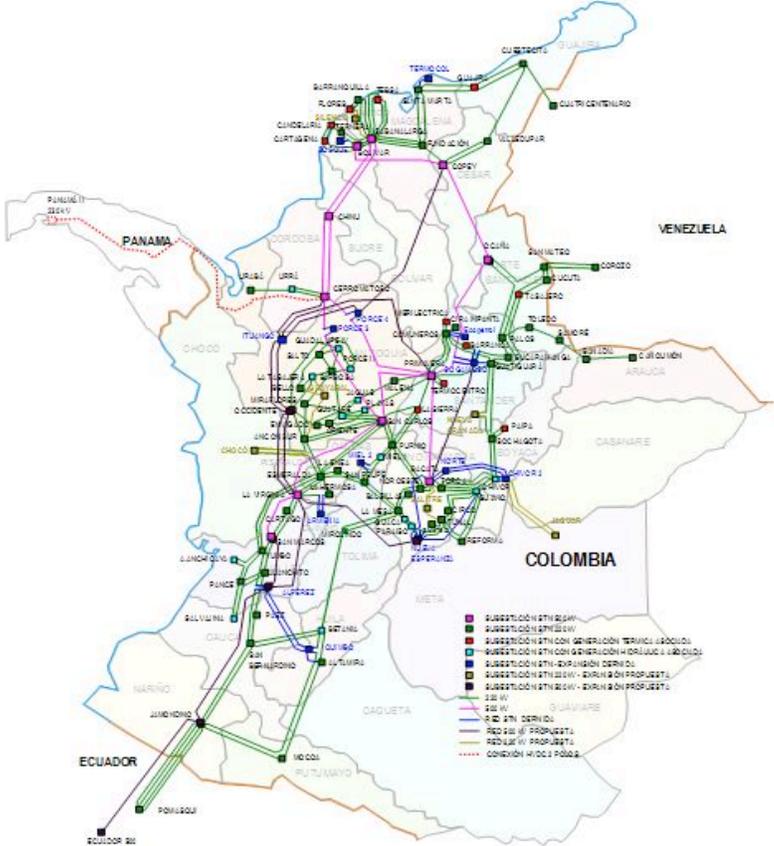
²⁰ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. 2015. p. 191.

²¹ DEBITOOR. ¿Qué es una subvención? [Sitio web]. [Consultado 29, Agosto, 2016]. Disponible en: <https://debitoor.es/glosario/definicion-subvencion>.

²² REVISTA SEMANA. El camino a la sostenibilidad energética en Colombia. [Sitio web]. Bogotá. 23, Mayo, 2016. [Consultado 5, septiembre, 2016]. Disponible en: <http://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/daniel-higueras-el-camino-a-la-sostenibilidad-energetica-en-colombia/35230>

mayor escala la abundancia de fuentes alternativas de energía presentes en el mercado actual. Tal definición de sostenibilidad energética no es aplicable aún a la red energética del país, que en muchos casos es ineficiente, como a inicios del año en curso en donde el razonamiento eléctrico estuvo a punto de ocurrir, y que además no brinda cobertura a la totalidad del territorio nacional, como se puede observar en el **Mapa 3**.

Mapa 3. Mapa de la red eléctrica de Colombia

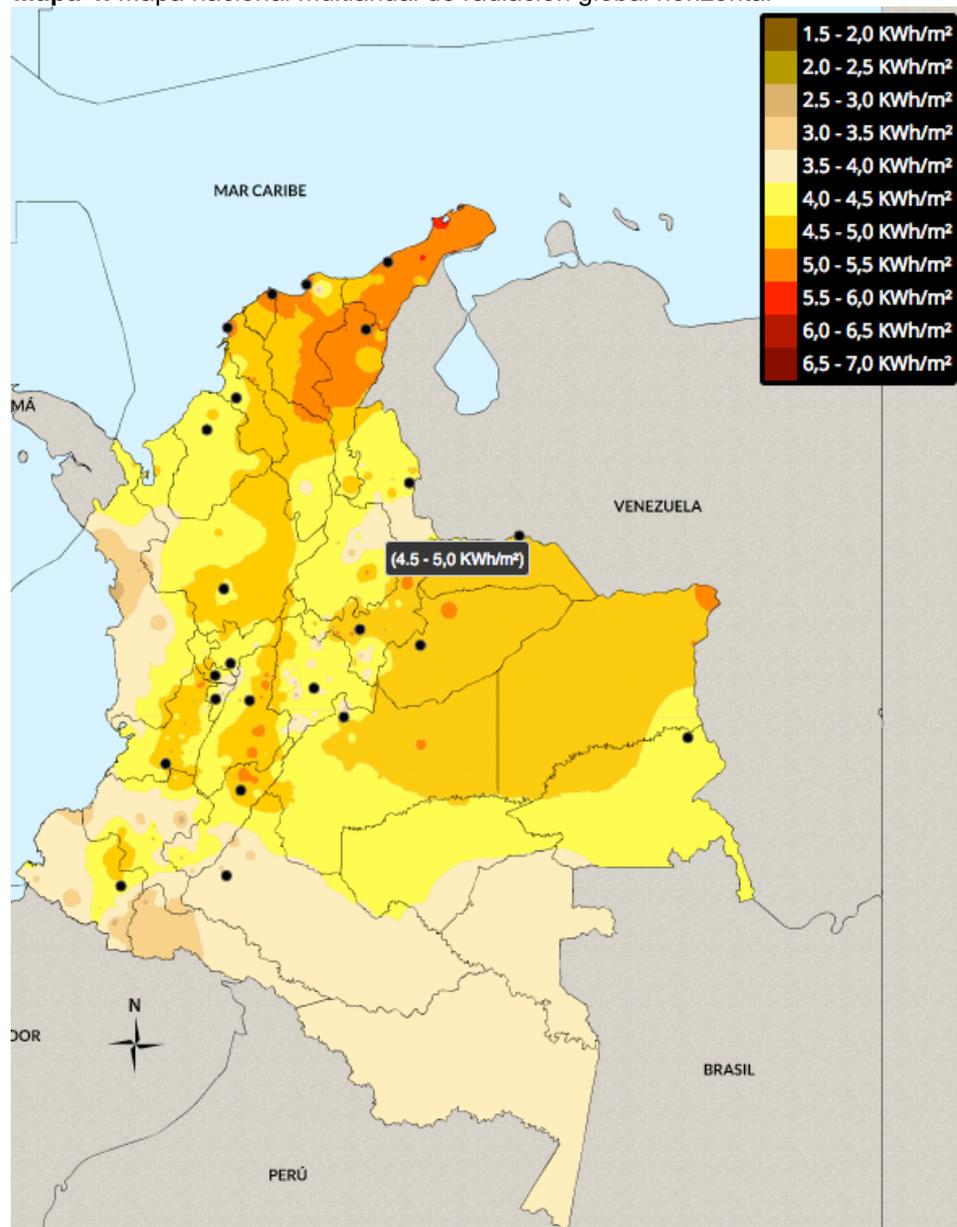


Fuente: Sistema de información minero energético colombiano. [Sitio web]. Disponible en: <http://www.simec.gov.co/simec/Mapas/Cat%E1logodeMapas/tabid/58/Default.aspx>

En el caso de los departamentos orientales no conectados a la red energética nacional, como es el caso del Vichada, son abastecidos por el suministro ineficiente de energía que proviene de Venezuela, lo que genera constantes cortes, daños e incomodidades a los habitantes del departamento. Es por eso que desde el 2014, el gobierno departamental inició la construcción de la planta eléctrica más grande del país que utiliza energía solar; “la obra tendrá un costo de US\$18 millones y generará un megavatio. La región solo consumirá 200 kilovatios; y se

venderán los 800 sobrantes al sistema interconectado”²³. Esto es posible por la ubicación y geografía llana del departamento, que favorece la recepción de irradiación solar no muy variable durante el año y con valores altamente considerables, como se puede observar en el **Mapa 4**.

Mapa 4. Mapa nacional multianual de radiación global horizontal



Fuente: Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia. [Sitio web]. Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

²³ EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014. [Consultado 5, Septiembre, 2016]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/luz-solar-vichada-articulo-519472>

3. APLICACIONES, TENDENCIAS Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

En este capítulo se evidencian las diferentes implementaciones de la energía solar en Colombia, con base en una revisión llevada a cabo en los sitios web de los más importantes periódicos nacionales. Además, dichas implementaciones se relacionan con los propósitos consignados en las principales leyes y decretos expedidos en el país, y que le apuntan al uso de las energías alternativas. Esto se hace con el fin de mostrar los beneficios y mejoras en el aspecto medioambiental y social, en zonas tanto aisladas de la red eléctrica nacional, o zonas no interconectadas, como conectadas, y que son evidentes en los comentarios que se encuentran en la tercera columna sobre revisión de la implementación de casos en Colombia. De esta manera, se desarrollan los dos últimos objetivos planteados en esta monografía.

Cuadro 3. Casos implementados según Ley 99/1993 (Reconversión industrial)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 99/1993	Reconversión industrial a tecnologías limpias	La administración del hospital del municipio de Guatavita introdujo un sistema de calentamiento de agua haciendo uso de la energía solar, con el fin de eliminar el riesgo por quemaduras asociado a la obsoleta manera de transportar ollas con agua caliente hasta la habitación de los pacientes.	EL ESPECTADOR. La energía solar sí se aprovecha en Guatavita. [Sitio web]. Guatavita. 20, Marzo, 2014.
		La universidad bogotana Jorge Tadeo Lozano instaló en el tejado de uno de sus edificios un conjunto de paneles solares y una turbina eólica que suministran el 8% de la energía eléctrica requerida.	EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.

Cuadro 3. (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 99/1993	Reconversión industrial a tecnologías limpias	La universidad EAFIT, en Medellín, construyó un vehículo alimentado con energía solar que participará en una competencia en Australia.	EL TIEMPO. Carro solar paisa hecho con la mejor ingeniería. [Sitio web]. Medellín. 3, Junio, 2015.

Cuadro 4. Casos implementados según Ley 99/1993 (Generación de energía)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 99/1993	Generación de energía a partir de fuentes no contaminantes	La nueva sede de Isagén, en Medellín, funciona con paneles solares, el agua lluvia se utiliza en los baños y la temperatura interna se controla sin necesidad de aires acondicionados.	EL ESPECTADOR. Cómo se trabaja en un edificio verde. [Sitio web]. Medellín. 6, Septiembre, 2013.
		Se adelanta un proyecto que permita el uso de la energía solar a cargo de la secretaria de minas de Boyacá.	EL TIEMPO. Boyacá está lista para generar su propia energía. [Sitio web]. Tunja. 30, Enero, 2014.
		En Curití, Santander, hay una finca que utiliza la energía solar en 14 sistemas ecológicos con el fin de ahorrar energía.	EL ESPECTADOR. El hombre de la estufa solar y el jugo de pedal. [Sitio web]. San Gil. 31, Octubre, 2014.
		Un colegio en Montería tiene suministro permanente de energía e internet gracias al uso de 16 paneles solares.	EL ESPECTADOR. Montería tiene el primer colegio del país que funciona con energía solar. [Sitio web]. Montería.

Cuadro 4. (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 99/1993	Generación de energía a partir de fuentes no contaminantes	<p>La universidad bogotana Jorge Tadeo Lozano instaló en el tejado de uno de sus edificios un conjunto de paneles solares y una turbina eólica que suministran el 8% de la energía eléctrica requerida.</p>	<p>EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014.</p>
		<p>6227 KW/h de energía son generados por 294 paneles solares en el laboratorio de la empresa de energía del pacífico.</p>	<p>EL ESPECTADOR. El Valle del Cauca le apuesta a la energía solar. [Sitio web]. Cali. 17, Marzo, 2014.</p>
		<p>La sede en Rionegro de la universidad Eafit, construyó una casa a partir de ladrillos que tienen un sistema que aprovecha la energía solar.</p>	<p>EL ESPECTADOR. Investigadores de Eafit construyeron una casa que funciona con energía solar. [Sitio web]. Rionegro. 16, Junio, 2016.</p>
		<p>La universidad nacional de Manizales tiene un punto verde, que consiste en una serie de paneles solares y módulos de recarga para conectar al menos 15 celulares de manera simultanea a cualquier hora del día.</p>	<p>EL TIEMPO. Utilizan la energía solar para cargar celulares. [Sitio web]. Manizales. 16, Febrero, 2014.</p>

Cuadro 4 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 99/1993	Generación de energía a partir de fuentes no contaminantes	El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		La empresa de energía solar para el pacífico, con apoyo de Colciencias, instalará 100 paneles solares en varios caseríos de la región, que tendrán energía gratuita.	EL TIEMPO. Energía solar para caseríos del Pacífico. [Sitio web]. Quibdó. 1, Diciembre, 2014.
		El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) implementó un sistema solar fotovoltaico en tres parques naturales ubicados en la Guajira y Chocó.	EL TIEMPO. Tres parques naturales le apuestan al sistema de energía sostenible. [Sitio web]. Uribía. 16, Septiembre, 2015.
		La comunidad indígena arhuaca permitió el ingreso de paneles solares que brindan energía al centro de salud y a la escuela del pueblo Kantinurwa.	EL ESPECTADOR. La luz que dejó entrar el pueblo arhuaco. [Sitio web]. Santa Marta. 11, Septiembre, 2013.

Cuadro 5. Casos implementados según Ley 164/1994, Ley 629/2000

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 164/1994, Ley 629/2000	Estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero a la atmósfera	Las energías renovables, incluida la solar, pueden ser alternativas que contribuyan a la emisión de gases de efecto invernadero.	LA REPÚBLICA. Colombia, un mercado con potencial en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 8, Marzo, 2012.
		Un colegio en Montería tiene suministro permanente de energía e internet gracias al uso de 16 paneles solares, y que además reducirán la emisión anual de 400 kilos de dióxido de carbono.	EL ESPECTADOR. Montería tiene el primer colegio del país que funciona con energía solar. [Sitio web]. Montería. 13, Marzo, 2015.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		La universidad EAFIT, en Medellín, construyó un vehículo alimentado con energía solar que participará en una competencia en Australia.	EL TIEMPO. Carro solar paisa hecho con la mejor ingeniería. [Sitio web]. Medellín. 3, Junio, 2015.

Cuadro 6. Casos implementados según Ley 633/2000

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Art. 83 Ley 633/2000	Construcción de Infraestructura energética en zonas no interconectadas	Un grupo de 580 personas y seis escuelas ubicadas en regiones rurales de Antioquia y San Vicente del Caguán, recibirá suministro eléctrico a partir de la energía solar.	EL TIEMPO. La energía natural que mueve al mundo. [Sitio web]. Bogotá. 5, Junio, 2016.
		Hacer uso masivo de la energía solar en la Guajira, podría solucionar algunos de los problemas que agobian a la comunidad indígena wayuu.	EL ESPECTADOR. Los wayuus, la energía y el agua. [Sitio web]. Bogotá. 17, Noviembre, 2015.
		Haciendo uso de una motobomba alimentada por la energía de paneles solares se puede extraer agua subterránea para purificar y suministrar en el departamento de la Guajira.	EL ESPECTADOR. Con energía solar podrían extraer agua para ranchería wayúu. [Sitio web]. Bogotá. 17, Junio, 2016.
		La gobernación de Boyacá busca soluciones energéticas para los municipios más alejados y no conectados a la red eléctrica del departamento a partir del aprovechamiento de la energía solar.	EL TIEMPO. Boyacá está lista para generar su propia energía. [Sitio web]. Tunja. 30, Enero, 2014.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.

Cuadro 6 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Art. 83 Ley 633/2000	Construcción de Infraestructura energética en zonas no interconectadas	La empresa de energía solar para el pacífico, con apoyo de Colciencias, instalará 100 paneles solares en varios caseríos de la región, que tendrán energía gratuita.	EL TIEMPO. Energía solar para caseríos del Pacífico. [Sitio web]. Quibdó. 1, Diciembre, 2014.
		El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) implementó un sistema solar fotovoltaico en tres parques naturales ubicados en la Guajira y Chocó.	EL TIEMPO. Tres parques naturales le apuestan al sistema de energía sostenible. [Sitio web]. Uribía. 16, Septiembre, 2015.
		El altos de Cazucá, en Soachá, se creó el primer "laboratorio solar de aprendizaje" del continente, conformado por computadores alimentados por energía solar.	EL TIEMPO. Inauguran laboratorio de computación alimentado por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 1, Junio, 2016.
		La comunidad indígena arhuaca permitió el ingreso de paneles solares que brindan energía al centro de salud y a la escuela del pueblo Kantinurwa.	EL ESPECTADOR. La luz que dejó entrar el pueblo arhuaco. [Sitio web]. Santa Marta. 11, Septiembre, 2013.
		El barrio Granizal, ubicado en Medellín, disfruta del beneficio del uso de energías limpias y conservación de la naturaleza gracias al proyecto de la fundación Un Litro de Luz.	EL ESPECTADOR. La luz del sol ilumina día y noche a un barrio en Medellín. [Sitio web]. Medellín. 26, Diciembre, 2014.

Cuadro 6 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Art. 83 Ley 633/2000	Construcción de Infraestructura energética en zonas no interconectadas	La gobernación de Cundinamarca suministró paneles solares a 134 familias que viven en regiones alejadas del departamento con el fin de que tengan acceso al servicio eléctrico.	EL ESPECTADOR. Al hombro y en burro llegó la energía solar. [Sitio web]. Yacopí. 28, Mayo, 2015. [Consultado 31, Agosto, 2016].

Cuadro 7. Casos implementados según Ley 697/2001 (Uso energías alternativas)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 697/2001	Utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad	Barrios de la ciudad de Bogotá, como el Salitre y el Tunal tienen un sistema de calentamiento de agua de los tanques de reserva instalados por el centro Las Gaviotas, experto en la materia durante más de 40 años.	EL TIEMPO. La energía natural que mueve al mundo. [Sitio web]. Bogotá. 5, Junio, 2016.
		En Curití, Santander, hay una finca que utiliza la energía solar en 14 sistemas ecológicos con el fin de ahorrar energía.	EL ESPECTADOR. El hombre de la estufa solar y el jugo de pedal. [Sitio web]. San Gil. 31, Octubre, 2014.
		Se construyó un prototipo de casa sostenible, alimentada con energía solar, con el objetivo de preservar los recursos naturales y el entorno.	EL ESPECTADOR. Casa solar 100% colombiana participa en concurso internacional. [Sitio web]. Bogotá. 12, Agosto, 2015.

Cuadro 7 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 697/2001	Utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad	Hacer uso masivo de la energía solar en la Guajira, podría solucionar algunos de los problemas que agobian a la comunidad indígena wayuu.	EL ESPECTADOR. Los wayuus, la energía y el agua. [Sitio web]. Bogotá. 17, Noviembre, 2015.
		Haciendo uso de una motobomba alimentada por la energía de paneles solares se puede extraer agua subterránea para purificar y suministrar en el departamento de la Guajira.	EL ESPECTADOR. Con energía solar podrían extraer agua para rancharía wayúu. [Sitio web]. Bogotá. 17, Junio, 2016.
		Tunja disfruta de 55 zonas Wifi gratuitas usadas diariamente por más de 5000 personas; dichas zonas trabajan con energía solar.	EL TIEMPO. Proyecto de wifi en Tunja es pionero a nivel nacional. [Sitio web]. Tunja. 15, Mayo, 2014.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		El altos de Cazucá, en Soachá, se creó el primer "laboratorio solar de aprendizaje" del continente, conformado por computadores alimentados por energía solar.	EL TIEMPO. Inauguran laboratorio de computación alimentado por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 1, Junio, 2016.

Cuadro 7 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 697/2001	Utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad	<p>La comunidad indígena arhuaca permitió el ingreso de paneles solares que brindan energía al centro de salud y a la escuela del pueblo Kantinurwa.</p>	<p>EL ESPECTADOR. La luz que dejó entrar el pueblo arhuaco. [Sitio web]. Santa Marta. 11, Septiembre, 2013.</p>
		<p>El barrio Granizal, ubicado en Medellín, disfruta del beneficio del uso de energías limpias y conservación de la naturaleza gracias al proyecto de la fundación Un Litro de Luz.</p>	<p>EL ESPECTADOR. La luz del sol ilumina día y noche a un barrio en Medellín. [Sitio web]. Medellín. 26, Diciembre, 2014.</p>
		<p>La gobernación de Cundinamarca suministró paneles solares a 134 familias que viven en regiones alejadas del departamento con el fin de que tengan acceso al servicio eléctrico.</p>	<p>EL ESPECTADOR. Al hombro y en burro llegó la energía solar. [Sitio web]. Yacopí. 28, Mayo, 2015. [Consultado 31, Agosto, 2016].</p>
		<p>En San Bernardo del Viento, Córdoba, 50 familias disfrutaban del servicio de un acueducto que funciona a partir del uso de una motobomba alimentada por 110 voltios generados mediante energía solar. El costo fue de 24 millones de pesos y transporta el agua desde el río hasta los tanques en las viviendas.</p>	<p>EL ESPECTADOR. Acueducto con energía solar. [Sitio web]. San Bernardo. 26, Junio, 2013.</p>

Cuadro 8. Casos implementados según Ley 697/2001 (Uso racional y eficiente de energía)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 697/2001	Uso racional y eficiente de la energía	La nueva sede de Isagén, en Medellín, funciona con paneles solares, el agua lluvia se utiliza en los baños y la temperatura interna se controla sin necesidad de aires acondicionados.	EL ESPECTADOR. Cómo se trabaja en un edificio verde. [Sitio web]. Medellín. 6, Septiembre, 2013.
		La universidad bogotana Jorge Tadeo Lozano instaló en el tejado de uno de sus edificios un conjunto de paneles solares y una turbina eólica que suministran el 8% de la energía eléctrica requerida.	EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014.
		La universidad nacional de Manizales tiene un punto verde, que consiste en una serie de paneles solares y módulos de recarga para conectar al menos 15 celulares de manera simultanea a cualquier hora del día.	EL TIEMPO. Utilizan la energía solar para cargar celulares. [Sitio web]. Manizales. 16, Febrero, 2014.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		Una de las salas de cómputo del colegio Benjamín Herrera de la localidad bogotana de Puente Aranda, es iluminada en su totalidad con energía solar.	EL ESPECTADOR. Colegio distrital inauguró aula iluminada con energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 19, Mayo, 2013.

Cuadro 9. Casos implementados según Decreto 3683/2003 (Promoción no convencional)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Decreto 3683/2003	Promoción de fuentes no convencionales de energía	En materia de energía solar, el país tiene todo por hacer, de acuerdo a las consideraciones realizadas por la empresa colombiana Tecnigreen, que aporta soluciones solares e híbridas.	EL UNIVERSAL. Colombia tiene todo para ser una potencia en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 24, Junio, 2016.
		Para un concurso internacional, se construyó un prototipo de casa sostenible, abastecida en su totalidad con energía solar, con el objetivo de preservar los recursos naturales ajustarse a la densificación urbana actual.	EL ESPECTADOR. Casa solar 100% colombiana participa en concurso internacional. [Sitio web]. Bogotá. 12, Agosto, 2015.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.

Cuadro 10. Casos implementados según Ley 1715/2014 (Desarrollo y utilización)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 1715/2014	Desarrollo y utilización de las energías renovables	Al hacer parte de la Agencia Internacional de Energías Renovables, IRENA, Colombia se ratifica como país gestor en el desarrollo energías renovables y limpias.	LA REPÚBLICA. Colombia, un mercado con potencial en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 8, Marzo, 2012.
		La nueva sede de Isagén, en Medellín, funciona con paneles solares, el agua lluvia se utiliza en los baños y la temperatura interna se controla sin necesidad de aires acondicionados.	EL ESPECTADOR. Cómo se trabaja en un edificio verde. [Sitio web]. Medellín. 6, Septiembre, 2013.
		La universidad Jorge Tadeo Lozano es la universidad colombiana que más produce energía solar; 8% a partir del uso de paneles solares.	EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014.
		Tunja disfruta de 55 zonas Wifi gratuitas usadas diariamente por más de 5000 personas; dichas zonas trabajan con energía solar.	EL TIEMPO. Proyecto de wifi en Tunja es pionero a nivel nacional. [Sitio web]. Tunja. 15, Mayo, 2014.
		La universidad nacional de Manizales tiene un punto verde, que consiste en una serie de paneles solares y módulos de recarga para conectar al menos 15 celulares de manera simultanea a cualquier hora del día.	EL TIEMPO. Utilizan la energía solar para cargar celulares. [Sitio web]. Manizales. 16, Febrero, 2014.

Cuadro 10 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 1715/2014	Desarrollo y utilización de las energías renovables	El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		El 5% de la energía que permite el funcionamiento de la universidad autónoma del occidente de Cali, proviene del uso de paneles solares instalados en los techos de la sede universitaria.	EL TIEMPO. Universidad caleña se conecta con el sol. [Sitio web]. Cali. 25, Mayo, 2015.
		En San Bernardo del Viento, Córdoba, 50 familias disfrutaban del servicio de un acueducto que funciona a partir del uso de una motobomba alimentada por 110 voltios generados mediante energía solar. El costo fue de 24 millones de pesos y transporta el agua desde el río hasta los tanques en las viviendas.	EL ESPECTADOR. Acueducto con energía solar. [Sitio web]. San Bernardo. 26, Junio, 2013.

Cuadro 11. Casos implementados según Decreto 3683/2003 (Estimulación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Decreto 3683/2003	Estimulación a la investigación científica y exploración	Yumbo, Valle, cuenta con el laboratorio de energía solar más grande del país. Propiedad de la empresa de energía del pacífico, tuvo una inversión de 1240 millones de pesos.	EL TIEMPO. La energía natural que mueve al mundo. [Sitio web]. Bogotá. 5, Junio, 2016.
		Para un concurso internacional, se construyó un prototipo de casa sostenible, abastecida en su totalidad con energía solar, con el objetivo de preservar los recursos naturales, ajustarse a la densificación urbana actual, y ser atractiva respecto al diseño.	EL ESPECTADOR. Casa solar 100% colombiana participa en concurso internacional. [Sitio web]. Bogotá. 12, Agosto, 2015.
		El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, IPSE, estableció un convenio que promueve la investigación y el desarrollo de energías renovables en Colombia.	PORTAFOLIO. Sellan convenio para desarrollar energías limpias en el país. [Sitio web]. Bogotá. 21, Junio, 2016.
		El centro Las Gaviotas y el Ideam, junto con algunas universidades, públicas y privadas, organizaron grupos investigativos para el desarrollo de las energías alternativas.	EL ESPECTADOR. Los wayuus, la energía y el agua. [Sitio web]. Bogotá. 17, Noviembre, 2015.
		Este no es el primer proyecto de la universidad Eafit que investiga el uso de esta energía. En el campus ya hay estaciones de carga de bicicletas eléctricas y celulares. Además, han hecho prototipos funcionales de seguidores solares.	EL ESPECTADOR. Investigadores de Eafit construyeron una casa que funciona con energía solar. [Sitio web]. Rionegro. 16, Junio, 2016.

Cuadro 11 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Decreto 3683/2003	Estimulación a la investigación científica y exploración	El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.
		La universidad EAFIT, en Medellín, construyó un vehículo alimentado con energía solar que participará en una competencia en Australia.	EL TIEMPO. Carro solar paisa hecho con la mejor ingeniería. [Sitio web]. Medellín. 3, Junio, 2015.
		La empresa de energía solar para el pacífico, con apoyo de Colciencias, instalará 100 paneles solares en varios caseríos de la región, que tendrán energía gratuita.	EL TIEMPO. Energía solar para caseríos del Pacífico. [Sitio web]. Quibdó. 1, Diciembre, 2014.

Cuadro 12. Casos implementados según Ley 1715/2014 (Aprovechamiento solar)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 1715/2014	Aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio	Barrios de la ciudad de Bogotá, como el Salitre y el Tunal tienen un sistema de calentamiento de agua de los tanques de reserva instalados por el centro Las Gaviotas, experto en la materia durante más de 40 años.	EL TIEMPO. La energía natural que mueve al mundo. [Sitio web]. Bogotá. 5, Junio, 2016.
		La nueva sede de Isagén, en Medellín, funciona con paneles solares, el agua lluvia se utiliza en los baños y la temperatura interna se controla sin necesidad de aires acondicionados.	EL ESPECTADOR. Cómo se trabaja en un edificio verde. [Sitio web]. Medellín. 6, Septiembre, 2013.
		En Curití, Santander, hay una finca que utiliza la energía solar en 14 sistemas ecológicos con el fin de ahorrar energía.	EL ESPECTADOR. El hombre de la estufa solar y el jugo de pedal. [Sitio web]. San Gil. 31, Octubre, 2014.
		La administración del hospital del municipio de Guatavita introdujo un sistema de calentamiento de agua haciendo uso de la energía solar, con el fin de eliminar el riesgo por quemaduras asociado a la obsoleta manera de transportar ollas con agua caliente hasta la habitación de los pacientes. Se estima que el hospital ahorra hasta 1 millón de pesos mensualmente debido a dicho proyecto.	EL ESPECTADOR. La energía solar sí se aprovecha en Guatavita. [Sitio web]. Guatavita. 20, Marzo, 2014.
		Un colegio en Montería tiene suministro permanente de energía e internet de manera gratuita gracias al uso de 16 paneles solares, y que además reducirán la emisión anual de 400 kilos de dióxido de carbono.	EL ESPECTADOR. Montería tiene el primer colegio del país que funciona con energía solar. [Sitio web]. Montería. 13, Marzo, 2015.

Cuadro 12 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 1715/2014	Aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio	La universidad bogotana Jorge Tadeo Lozano instaló en el tejado de uno de sus edificios un conjunto de paneles solares y una turbina eólica que suministran el 8% de la energía eléctrica requerida.	EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014.
		6227 KW/h de energía son generados por 294 paneles solares en el laboratorio de la empresa de energía del pacífico.	EL ESPECTADOR. El Valle del Cauca le apuesta a la energía solar. [Sitio web]. Cali. 17, Marzo, 2014.
		Tunja disfruta de 55 zonas Wifi gratuitas usadas diariamente por más de 5000 personas; dichas zonas trabajan con energía solar.	EL TIEMPO. Proyecto de wifi en Tunja es pionero a nivel nacional. [Sitio web]. Tunja. 15, Mayo, 2014.
		El municipio de Puerto Carreño construye la planta de energía solar más grande del país; con un costo de 18 millones de dólares, la planta generará un megavatio de energía, utilizado para suministrar energía a la región y al sistema interconectado nacional.	EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014.

Cuadro 12 (Continuación)

NORMATIVA	PROPÓSITOS IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Ley 1715/2014	Aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio	El 5% de la energía que permite el funcionamiento de la universidad autónoma del occidente de Cali, proviene del uso de paneles solares instalados en los techos de la sede universitaria.	EL TIEMPO. Universidad caleña se conecta con el sol. [Sitio web]. Cali. 25, Mayo, 2015.
		El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) implementó un sistema solar fotovoltaico en tres parques naturales ubicados en la Guajira y Chocó.	EL TIEMPO. Tres parques naturales le apuestan al sistema de energía sostenible. [Sitio web]. Uribía. 16, Septiembre, 2015.
		Una de las salas de cómputo del colegio Benjamín Herrera de la localidad bogotana de Puente Aranda, es iluminada en su totalidad con energía solar.	EL ESPECTADOR. Colegio distrital inauguró aula iluminada con energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 19, Mayo, 2013.

De manera general, los casos expuestos en los artículos periodísticos consultados sobre la implementación de proyectos de energía solar en Colombia logran prácticamente cumplir con todos los propósitos establecidos por los decretos y leyes referentes al uso de energías renovables. Es por eso que algunos de los artículos se repiten entre normativas, ubicándolos con base en su contenido más explícito, siendo así la manera más sencilla de evaluar o indentificar las tendencias en el país respecto a esta materia. Por lo anterior, se puede decir que la implementación de la energía solar en Colombia tiene como propósitos en orden de importancia: 1) La generación de energía a partir de fuentes no contaminantes, ley 99/1993; 2) La utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad, ley 697/2001 y 3) El aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio, ley 175/2014. En contraparte, la promoción de fuentes no convencionales de energía, decreto 3683/2003, es el propósito que menos se ha logrado. Sin embargo, y pese a existir un mapa jurídico establecido, y como se ha visto a lo largo del desarrollo del presente documento, el desarrollo de la energía solar y demás energías alternativas en Colombia es incipiente, considerando su enorme potencial y la crisis climática y ambiental cada vez más notoria a nivel

mundial. En todo caso, es innegable la amplia variedad de impactos positivos que se han generado en estas pocas implementaciones, si se quiere, gracias a la energía solar, como la reducción de emisiones de dióxido de carbono y la mejora de la calidad de vida de comunidades en zonas aisladas y marginales del país.

Finalmente, y con el fin de clarificar los beneficios acerca de la diversificación y construcción de proyectos de energía solar a gran escala en el país, se plantea la siguiente comparación de fortalezas y debilidades para los propósitos de implementación de la energía solar en el país y que está consignada en el **Cuadro 13**.

Cuadro 13. Análisis de fortalezas y debilidades

ASPECTO A EVALUAR	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio	Amplia experiencia en el tema; por ejemplo, el centro Gaviotas tiene alrededor de 40 años invertidos en este tipo de aprovechamiento.	Prevalencia de costos muy altos, lo cual no favorece la implementación de proyectos a mayor escala.
Estimulación a la investigación científica y exploración	Política establecida para fomentar la investigación a través de estímulos, como ayudas de tipo económico o subvenciones.	EPSA es la única empresa generadora de energía que ha promovido el desarrollo de esta tecnología. Prevalencia de proyectos muy puntuales que no aportan mayor porcentaje a la canasta energética del país.
Desarrollo y utilización de las energías renovables	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero e impactos ambientales negativos. Promoción de desarrollo sostenible.	A la fecha no se puede acceder a los incentivos tributarios, como la exclusión del IVA y gravamen arancelario, por inexistencia de resolución por parte de la ANLA.
Utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad	Mejora en la calidad de vida de comunidades enteras, visto desde el acceso a servicios básicos, como electricidad, información a través de internet, entre otros. Dignificación y eliminación de la pobreza extrema.	Permanencia del uso extensivo de energía proveniente de fuentes no renovables, por tanto, incompetencia de fuentes renovables actualmente.
Reconversión industrial a tecnologías limpias	Disminución de huella de carbono y costos asociados a la utilización de energía a nivel industrial.	Los costos para la implementación de proyectos alternativos en el país aun son muy altos, debido a la poca demanda y diversificación de éstos.

A manera de resumen de las fortalezas y debilidades vistas en los casos de implementación de proyectos de energía solar en el país, consignadas en el cuadro 13, se logra distinguir que el desarrollo de la energía solar en Colombia es un tema en el que se ha trabajado aproximadamente durante cuatro décadas, lo que indica amplia experiencia, pero mínima implementación, considerando la poca generación de electricidad a partir del uso de la energía solar. Sin embargo, esto se puede considerar como una fortaleza, al igual que la actual política existente en el país y reconocida a nivel mundial desde el 2015, que lo coloca en el listado de 164 países con políticas y objetivos de energía renovable.

Es evidente entonces el panorama favorable para las energías renovables en el país, que generan, como ya se ha visto, numerosos beneficios socioambientales y que conducen al desarrollo sostenible, como reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminución de la huella de carbono y costos asociados a la generación de electricidad, minimización de la pobreza, dignificación de la vida humana, acceso a servicios básicos, entre otros.

Por otra parte, se muestran las debilidades del sector y que ayudarían a dar una explicación del por qué del panorama actual de la energía solar, debilidades que son generadas a partir de la falta de ejecución por parte de la ANLA de un decreto que permita entrar en vigencia a los incentivos tributarios con los que serían beneficiadas las personas jurídicas y naturales, como exclusión del IVA y gravamen arancelario, y que fueron definidos en la ley 1715 del año 2014. Por ende, esto impide que un mayor número de empresas, tanto públicas como privadas, no se involucren aún ni en la inversión ni en la implementación de proyectos de energías renovables. Es necesario entonces, hacer el llamado a la autoridad competente, para que se encargue de concluir todo el lineamiento jurídico que permita finalmente aprovechar el enorme potencial energético y renovable del que goza Colombia.

4. CONCLUSIONES

- El desarrollo actual de la energía solar en Colombia, hasta el momento, está orientado al abastecimiento energético en puntos locales, sobre todo en zonas interconectadas, y generalmente lejanas.
- El gobierno nacional es el principal promotor del desarrollo de la energía solar y demás energías renovables en el país; por tanto, es el responsable de la mínima influencia que al día de hoy estas tienen en materia de generación de energía a nivel nacional, pese a la existencia de un marco normativo que fue iniciado en 1993 mediante la creación del ministerio de medio ambiente y cuyo principal hito fue la promulgación en el año 2014 de la ley 1715, que estableció el uso de las fuentes no convencionales de energía como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional y a su vez otorgó incentivos tributarios, como exclusión del IVA. Sin embargo, a estos beneficios no se puede acceder aún, debido a la falta de regulación en cuanto a los procedimientos, como la inexistente resolución que debería ser expedida por la autoridad nacional de licencias ambientales.
- La implementación de la energía solar en Colombia ha logrado en mayor instancia el cumplimiento de los siguientes objetivos: la generación de energía a partir de fuentes no contaminantes, ley 99/1993; la utilización de energías alternativas con fines de sostenibilidad, ley 697/2001; y el aprovechamiento solar en urbanizaciones, edificios oficiales, industria y comercio, ley 1715/2014. En contraparte, la promoción de fuentes no convencionales de energía, decreto 3683/2003, es el objetivo que menos se ha logrado.
- Los proyectos de generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de la energía solar en Colombia son mínimos, si se comparan con el enorme potencial energético renovable que se tiene. Dichos proyectos puntuales se han ejecutado tanto en zonas aisladas como ciudades, generando beneficios que van desde la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y costos de energía hasta la dignificación de la vida y reducción de la pobreza. Actualmente en el país solo se cuenta con un proyecto solar a gran escala que pretende el suministro total de energía al departamento del Vichada.
- Con base en la revisión de la ley 1715 de 2014, los objetivos identificados para la implementación de proyectos de energía solar, y demás fuentes renovables en el país son: desarrollo de fuentes de autogeneración; promoción del desarrollo y uso de las fuentes no convencionales de energía, estímulos a la investigación científica y fomento de aprovechamiento solar y zonas no interconectadas.

5. RECOMENDACIONES

- El desarrollo de las energías renovables en el país debe estar orientado hacia la diversificación de la canasta energética con el fin de garantizar el suministro energético a nivel nacional, que se ha visto afectado negativamente por el cambio climático y la dependencia excesiva de la energía generada por las centrales hidroeléctricas.
- Las fuentes de energía renovables deben ser consideradas como un elemento idóneo que contribuye a la reducción del impacto ambiental generado por el uso excesivo de combustibles fósiles, además de ser muy importantes en la generación de energía en zonas remotas y aisladas del país, en donde se carece de un servicio confiable de energía eléctrica.
- Colombia, siendo un país líder en biodiversidad y potencial energético renovable, debería entrar en el proceso de plantearse metas ambiciosas, como la establecida por la Unión Europea, que consiste en alcanzar el 20% de suministro de energía mediante fuentes renovables para el año 2020.
- El camino hacia la sostenibilidad energética en Colombia, que permitiría que el cambio climático no afectara el suministro de energía, se debe iniciar promoviendo proyectos de energías renovables a gran escala a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

CANTILLO GUERRERO, Ernesto Fidel; CONDE DANIES, Fernando. Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe colombiana. 2011.

CORPORACIÓN PARA LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. 2010.

CULLEY, Marci R., et al. Sun, wind, rock and metal: attitudes toward renewable and non-renewable energy sources in the context of climate change and current energy debates. *Current Psychology*. 2011, vol. 30, no 3, p. 215-233.

EL ESPECTADOR. Acueducto con energía solar. [Sitio web]. San Bernardo. 26, Junio, 2013. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/acueducto-energia-solar-articulo-430292>.

EL ESPECTADOR. Al hombro y en burro llegó la energía solar. [Sitio web]. Yacopí. 28, Mayo, 2015. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/al-hombro-y-burro-llego-energia-solar-articulo-563309>.

EL ESPECTADOR. Casa solar 100% colombiana participa en concurso internacional. [Sitio web]. Bogotá. 12, Agosto, 2015. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/casa-solar-100-colombiana-participa-concurso-internacio-articulo-578692>.

EL ESPECTADOR. Colegio distrital inauguró aula iluminada con energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 19, Mayo, 2013. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/colegio-distrital-inauguro-aula-iluminada-energia-solar-articulo-422875>.

EL ESPECTADOR. Cómo se trabaja en un edificio verde. [Sitio web]. Medellín. 6, Septiembre, 2013. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/se-trabaja-un-edificio-verde-articulo-444926>.

EL ESPECTADOR. El hombre de la estufa solar y el jugo de pedal. [Sitio web]. San Gil. 31, Octubre, 2014. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/el-hombre-de-estufa-solar-y-el-jugo-de-pedal-articulo-525145>.

EL ESPECTADOR. El Valle del Cauca le apuesta a la energía solar. [Sitio web]. Cali. 17, Marzo, 2014. Disponible en:

<http://www.elespectador.com/noticias/economia/el-valle-del-cauca-le-apuesta-energia-solar-articulo-481369>.

EL ESPECTADOR. Estudiantes de las mejores universidades del mundo se reúnen en Cali para construir casas autosostenibles. [Sitio web]. Bogotá. 4, Diciembre, 2015. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/valle/estudiantes-de-mejores-universidades-del-mundo-se-reune-video-603512>.

EL ESPECTADOR. Investigadores de Eafit construyeron una casa que funciona con energía solar. [Sitio web]. Rionegro. 16, Junio, 2016. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/antioquia/investigadores-de-eafit-construyeron-una-casa-funciona-articulo-638246>.

EL ESPECTADOR. Jorge Tadeo Lozano, la universidad movida por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 30, Octubre, 2014. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/educacion/jorge-tadeo-lozano-universidad-movida-energia-solar-articulo-524953>.

EL ESPECTADOR. La energía solar sí se aprovecha en Guatavita. [Sitio web]. Guatavita. 20, Marzo, 2014. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/energia-solar-si-se-aprovecha-guatavita-articulo-482120>.

EL ESPECTADOR. La luz del sol ilumina día y noche a un barrio en Medellín. [Sitio web]. Medellín. 26, Diciembre, 2014. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/luz-del-sol-ilumina-dia-y-noche-un-barrio-medellin-articulo-535068>.

EL ESPECTADOR. La luz que dejó entrar el pueblo arhuaco. [Sitio web]. Santa Marta. 11, Septiembre, 2013. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/educacion/luz-dejo-entrar-el-pueblo-arhuaco-articulo-445868>.

EL ESPECTADOR. Los wayuus, la energía y el agua. [Sitio web]. Bogotá. 17, Noviembre, 2015. Disponible en: <http://www.elespectador.com/opinion/los-wayuus-energia-y-el-agua>.

EL ESPECTADOR. Luz solar para Vichada. [Sitio web]. Puerto Carreño. 28, Septiembre, 2014. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/luz-solar-vichada-articulo-519472>.

EL ESPECTADOR. Montería tiene el primer colegio del país que funciona con energía solar. [Sitio web]. Montería. 13, Marzo, 2015. [Consultado 31, Agosto,

2016]. Disponible en: <http://www.elspectador.com/noticias/nacional/monteria-tiene-el-primer-colegio-del-pais-funciona-ener-articulo-549250>.

EL TIEMPO. Boyacá está lista para generar su propia energía. [Sitio web]. Tunja. 30, Enero, 2014. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13427915>.

EL TIEMPO. Carro solar paisa hecho con la mejor ingeniería. [Sitio web]. Medellín. 3, Junio, 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/carro-solar-antioquia/15886558>.

EL TIEMPO. El 2015, el año memorable para las energías renovables. [Sitio web]. Bogotá. 21, Junio, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/crecimiento-record-en-energias-renovables/16625761>.

EL TIEMPO. El proyecto para cargar los celulares con energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 28, Marzo, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/bogota/proyecto-urban-solar-para-cargar-los-celulares-con-energia-solar/16548341>.

EL TIEMPO. Energía solar para caseríos del Pacífico. [Sitio web]. Quibdó. 1, Diciembre, 2014. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/energia-solar-para-caserios-del-pacifico/14912035>.

EL TIEMPO. En la India, wayús analfabetas se volvieron ingenieras solares. [Sitio web]. Maicao. 7, Mayo, 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/mundo/asia/wayus-analfabetas-se-volvieron-ingenieras-solares-/15702135>.

EL TIEMPO. Implementarán servicio de energía solar en Puerto Carreño. [Sitio web]. Puerto Carreño. 2, Diciembre, 2014. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/servicio-de-energia-en-puerto-carreno/14917128>.

EL TIEMPO. Inauguran laboratorio de computación alimentado por energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 1, Junio, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/inauguran-laboratorio-de-computacion-alimentado-por-energia-solar/16608901>.

EL TIEMPO. La máquina que hace hielo con energía solar. [Sitio web]. Medellín. 11, Mayo, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/maquina-que-hace-hielo-con-energia-solar/16587093>.

EL TIEMPO. Proyecto de wifi en Tunja es pionero a nivel nacional. [Sitio web]. Tunja. 15, Mayo, 2014. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/-wifi-con-energia-solar-en-tunja/13994368>.

EL TIEMPO. Tres parques naturales le apuestan al sistema de energía sostenible. [Sitio web]. Uribía. 16, Septiembre, 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/politica/partidos-politicos/sistema-fotovoltaico-en-parques-naturales-de-colombia/16375815>.

EL TIEMPO. Universidad caleña se conecta con el sol. [Sitio web]. Cali. 25, Mayo, 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/paneles-solares-supliran-el-5-del-consumo-de-energia-de-la-institucion/15817621>.

EL UNIVERSAL. Colombia tiene todo para ser una potencia en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 24, Junio, 2016. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.co/ambiente/colombia-tiene-todo-para-ser-una-potencia-en-energia-solar-228951>.

ESTRADA GASCA, Claudio A.; ARANCIBIA BULNES, Camilo. Las energías renovables: la energía solar y sus aplicaciones. 2010, vol. 11.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado. 2011.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentaciones y referencias bibliográficas. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC 2008. 110p.

LAFaurie, Ana B. Caballero; GUERRERO, Ernesto F. Cantillo. Logística para la construcción de sistemas solares fotovoltaicos en zonas no conectadas a la red pública: caso Kantinurwa. 2012.

LA REPÚBLICA. Colombia, un mercado con potencial en energía solar. [Sitio web]. Bogotá. 8, Marzo, 2012. Disponible en: http://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-un-mercado-con-potencial-en-energ%C3%ADa-solar_3773.

MAJOR, J. D., et al. A low-cost non-toxic post-growth activation step for CdTe solar cells. Nature. 2014, vol. 511, no 7509, p. 334-337.

MANRIQUE, Ana Katherine Rodríguez; MONROY, Ángela Inés Cadena; CARDONA, Andrés Julián Aristizábal. Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. Mutis. 2015, vol. 5, no 1, p. 55-65.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Tratados y Convenios Internacionales. [Sitio web]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=283:plantilla-areas-asuntos-internacionales-16#enlaces>.

MURCIA, H. Rodríguez. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de ingeniería. 2008, vol. 28, p. 83-89.

PORTAFOLIO. Se amplía la iluminación autosostenible en el país. [Sitio web]. Bogotá. 2, Junio, 2014. Disponible en: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/amplia-iluminacion-autosostenible-pais-65528>.

PORTAFOLIO. Sellan convenio para desarrollar energías limpias en el país. [Sitio web]. Bogotá. 21, Junio, 2016. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/sellan-convenio-para-desarrollar-energias-limpias-en-el-pais-497925>.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21st CENTURY. Renewables 2015: Global Status Report. 2015.

REVISTA SEMANA. El camino a la sostenibilidad energética en Colombia. [Sitio web]. Bogotá. 23, Mayo, 2016. Disponible en: <http://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/daniel-higueras-el-camino-a-la-sostenibilidad-energetica-en-colombia/35230>.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. 2015. 360 p.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

BARRERE, Rodolfo. La investigación y el desarrollo en energías renovables en Iberoamérica: situación actual y tendencias. 2016.

BOCHNO HERNANDEZ, Elzbieta; HERNANDEZ, Elzbieta Bochno. Estado del arte y novedades de la bioenergía en el Colombia. e-libro, Corp. 2011.

BOLÍVAR, Rafael; MOSTANY, Jorge; DEL CARMEN GARCÍA, María. Petróleo versus energías alternativas: Dilema futuro. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*. 2006, vol. 31, no 10, p. 704-711.

BRAVO, Javier Domínguez; HURTADO, R. Quijano. Diseño de un proyecto integrado para la planificación energética y el desarrollo regional de las energías renovables en Colombia basado en sistemas de información geográfica. En *Tecnologías de la Información Geográfica para el desarrollo territorial: XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. 2008. p. 63.

CABRERA FERNÁNDEZ, E. Energía renovable y no renovable. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*. 2011, vol. 3, no 4, p. 85-90.

CADENA, Ángela Inés. Editorial Dossier: Fuentes energéticas alternativas. *Revista de Ingeniería*. 2008, no 28, p. 59-63.

CADENA, A., et al. Regulación para incentivar las energías alternativas y la generación distribuida en Colombia (Conclusiones). *Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes*. 2009, vol. 28, no 1, p. 90-98.

Díaz-Balart, F. C. (2006). Energía y preservación del medio ambiente : articulación escabrosa para el siglo XXI. *Revista Panorama Nuclear*. 2006, vol. 3, no 40, p. 21-29.

DIETER, H.; ARCH, D. Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía. 2011, vol. 8.

GUERRA DÍAZ, Luis. Desinfección del agua con luz ultravioleta y energía solar fotovoltaica. *Ingeniería hidráulica y ambiental*. 2001, vol. 22, no 4, p. 36-8.

GÓMEZ, María Begoña Carretero. El sol, la cocina solar y la solidaridad: una receta muy sabrosa. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 2010, vol. 7, no 2, p. 544-557.

HUGUET, Mercedes Arroyo. Nuevas fuentes de energía para un futuro sostenible: ¿Petróleo caro o protección del medio? *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. 2008, no 12, p. 5.

MITCHELL, John G.; STALLINGS, Constance L. Ecotactics: The Sierra Club handbook for environment activists. Dubois Publishing. 1970.

MOTTA, Diana Carolina Ortiz, et al. Una revisión a la Reglamentación e incentivos de las energías renovables en Colombia. Revista Facultad de Ciencias Económicas. 2012.

VILLARREAL, Arturo Infante. Perspectivas de la situación energética mundial. Las oportunidades para Colombia. Revista de Ingeniería. 2007, no 25, p. 74-95.