



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Rodríguez Murcia, Humberto

Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas

Revista de Ingeniería, núm. 28, noviembre, 2008, pp. 83-89

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015051011>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas

Development of Solar Energy in Colombia and its Prospects

Recibido 30 de diciembre de 2008, aprobado 15 de enero de 2009.

Humberto Rodríguez Murcia

Físico, M.Sc., Dr.rer.nat. Consultor Independiente. Bogotá D.C., Colombia.

humberto.rodriguez.m@gmail.com

PALABRAS CLAVES

Energía, energía renovable, energía solar.

KEY WORDS

Energy, renewable energy, solar energy.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo que ha tenido la utilización de la energía solar en Colombia y sus actuales perspectivas de desarrollo.

ABSTRACT

This paper presents the development of the utilization of solar energy in Colombia and discusses its development prospects.

INTRODUCCIÓN

La energía solar —esto es la energía radiante del sol recibida en la tierra— es una fuente de energía que tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también presenta varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso. La baja densidad de potencia resulta en que es una fuente extensiva: para mayor potencia, mayor extensión de equipos de conversión. La ingeniería solar precisamente se ocupa de asegurar el suministro confiable de energía para el usuario teniendo en cuenta estas características.

La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad. Las aplicaciones más difundidas en Colombia son el calentamiento de agua —para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas)— y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son El secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras aguas no potables.

DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

Esta sección tiene como objetivo presentar el desarrollo de la energía solar en Colombia, principalmente sus aplicaciones y las actividades de I&D (Investigación y Desarrollo).

CALENTADORES SOLARES

Las aplicaciones térmicas en Colombia datan de mediados del siglo pasado, cuando en Santa Marta fueron instalados calentadores solares en las casas de los

empleados de las bananeras, calentadores que aún existen aunque no operan. Más tarde, hacia los años sesenta, en la Universidad Industrial de Santander se instalaron calentadores solares domésticos de origen Israelí para estudiar su comportamiento. Posteriormente, hacia finales de los setenta y estimulados por la crisis del petróleo de 1973, instituciones universitarias (la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional en Bogotá, la Universidad del Valle, entre otras) y fundaciones (como el Centro Las Gaviotas) sentaron las bases para instalar calentadores solares domésticos y grandes sistemas de calentamiento de agua para uso en centros de servicios comunitarios (como hospitales y cafeterías).

Algunos desarrollos resultaron bastante innovadores. Sin embargo, se adoptó finalmente el sistema convencional que consta de uno o varios colectores solares y de su respectivo tanque de almacenamiento. El colector empleaba una parrilla de tubería de cobre y, como absorbedor, láminas de cobre o de aluminio. Como película absorbadora se empleaba pintura corriente o con aditivos, y otros absorbentes selectivos. La cubierta exterior era vidrio corriente o templado y el aislamiento fibra de vidrio, icopor o poliuretano. El tanque generalmente era metálico en sistemas presurizados o de asbesto cemento en sistemas abiertos.

Estos desarrollos tuvieron su máxima expresión a mediados de los ochenta en la aplicación masiva de calentadores en urbanizaciones en Medellín (Villa Valle de Aburrá) y Bogotá (Ciudad Tunal, Ciudad Salitre) en donde fueron instalados miles de calentadores, desarrollados y fabricados por el Centro Las Gaviotas; el Palacio de Nariño, en Bogotá, también tuvo uno de estos grandes calentadores. A mediados de los ochenta surgieron varias compañías nacionales en Bogotá, Manizales y Medellín que fabricaron e instalaron miles de calentadores solares de diversas capacidades en esas ciudades. Muchas instituciones religiosas montaron calentadores solares en sus conventos y también alguna cadena hotelera (Hoteles Dann).

Hacia finales de los 80, el programa PESENCA (Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica), un proyecto realizado por CORELCA (Corporación de Energía Eléctrica de la Costa Atlántica), el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) y la GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica), introdujo calentadores solares en la Costa Atlántica y desarrolló un campo experimental en Turipaná, Córdoba, en donde se realizaron pruebas y ensayos para determinar la eficiencia de estos sistemas. Este momento puede considerarse el origen de las normas sobre calentadores solares, iniciativa que siguió su desarrollo por parte del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) y que ha dado origen a las normas existentes en el país sobre tales dispositivos.

Si bien los calentadores solares para una pequeña familia costaban ya a mediados de los ochenta y noventa el equivalente a US\$1000 por sistema (tanque de 120 litros, 2 m² de colectores solares) y representaban una inversión inicial medianamente alta, instituciones como el antiguo Banco Central Hipotecario, al hacer un análisis valor presente neto, comprendieron que era más económico emplear calentadores solares que emplear electricidad para calentar agua y obvió la inversión que harían los usuarios dotando a varias de sus urbanizaciones con estos equipos. Pero fue posteriormente la introducción de un energético más barato, el gas natural, la que desplazó del mercado esta naciente industria desde mediados de los noventa hasta la actualidad.



Figura 1. Vista parcial de los 1 250 calentadores solares instalados por el Centro Las Gaviotas a mediados de los ochenta en Ciudad Salitre, Bogotá, urbanización del Banco Central Hipotecario.



Figura 2. Calentador de la cafetería de la antigua Empresa de Energía de Bogotá (EEB). Construido en 1983 por el Centro Las Gaviotas (140 m² de colectores, tanque de 12 000 litros) y desde entonces en operación. Estudios previos para la EEB por la Universidad Nacional de Colombia.



Figura 3. Colectores solares del Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín, en operación desde mediados de los ochenta (240 m² de colectores, tanque de 20 m³, no visible).

El desarrollo alcanzado hasta 1996 indicaba que se habían instalado 48 901 m² de calentadores solares, principalmente en Medellín y Bogotá, y en barrios con financiación del Banco Central Hipotecario [1]. La mayoría de los sistemas funcionaban bien pero algunos usuarios esperaban más de los sistemas, lo cual se ha entendido como que la demanda era superior a la capacidad de los mismos. No se han realizado nuevos estudios o evaluaciones sobre cómo se han comportado los sistemas instalados aunque se sabe, por ejemplo, que el calentador de la antigua sede de la Empresa de Energía de Bogotá lleva más de 25 años

suministrando agua caliente. Actualmente, la industria de calentadores solares en el país sigue deprimida a la espera de una nueva crisis de energía.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

La generación de electricidad con energía solar empleando sistemas fotovoltaicos ha estado siempre dirigida al sector rural, en donde los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de Operación y Mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable. Estas actividades surgieron con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En este programa se instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 habían instalados 2 950 de tales sistemas. El programa continuó instalando estos sistemas y pronto se escaló a sistemas de 3 a 4 kWp para las antenas satelitales terrenas. Muchas empresas comenzaron a instalar sistemas para sus servicios de telecomunicaciones y actualmente se emplean sistemas solares en repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas, bases militares, entre otras aplicaciones. Estos sistemas son hoy esenciales para las telecomunicaciones rurales del país. Según un estudio realizado, entre 1985 y 1994 se importaron 48 499 módulos solares para una potencia de 2.05 MWp [2]. De estos 21 238 módulos con una potencia de 843.6 kW en proyectos de telecomunicaciones y 20 829 módulos con 953.5 kWp en electrificación rural. El estudio anterior también indicó, sobre una muestra de 248 sistemas (con 419 módulos), que 56% de los sistemas funcionaban sin problemas, 37% funcionaban con algunos problemas y 8% estaban fuera de servicio. Como principal fuente de problemas se encontraron la falta de mínimo mantenimiento, suministro de partes de reemplazo (reguladores y lámparas) y sistemas sub-dimensionados. Estos problemas, que se suelen repetir aún hoy en día, indican la importancia que tiene el asegurar la sostenibilidad del suministro del servicio de energía

para estos usuarios. Estas dificultades se han mostrado como una de las debilidades más graves del servicio de energía con estos sistemas. Y más que tratarse de un problema meramente técnico, el problema es de calidad del servicio y de atención al usuario. En los últimos diez años tampoco se han realizado estudios sobre el comportamiento de estos sistemas.

En los programas de electrificación rural, el sistema convencional para hogares aislados ha constado de un panel solar de 50 a 70 Wp, una batería entre 60 y 120 Ah y un regulador de carga. Estos pequeños sistemas suministran energía para iluminación, radio y TV, cubriendo las necesidades realmente básicas de los campesinos. El costo actual de este sistema es del orden de US\$ 1 200 a 1 500, afectado principalmente por los elevados costos de instalación en las zonas remotas.

Durante los últimos años, se han instalado muchos más sistemas en los programas de electrificación rural, con fuerte financiación del Estado, haciendo uso actualmente de recursos como el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas). El IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) es en la actualidad la institución que lidera las acciones del Estado en la energización del campo colombiano. Según esta institución hay en la actualidad más de 15 000 sistemas instalados para estas aplicaciones. Pero, además, el IPSE tiene en desarrollo soluciones innovadoras como sistemas híbridos, en donde se combinan por ejemplo la energía solar fotovoltaica y las plantas diesel, para reducir los costos de generación del diesel y emplear el generador diesel como respaldo.

El mercado de sistemas solares fotovoltaicos tuvo su boom hacia finales de los años ochenta con el programa de telecomunicaciones rurales de Teleco; las conocidas dificultades de orden público de la década de 90 frenaron el desarrollo del mercado, que aún se puede estimar en el orden de 300 kW por año. Si se consideran 30 años de desarrollo de este mercado, entonces la potencia instalada sería del orden de 9 MWp.

La generación de electricidad con energía solar tiene, entonces, enormes perspectivas, teniendo en cuenta que en Colombia cerca de 1 millón de familias carecen del servicio de energía eléctrica en el sector rural.



Figura 4. Sistema solar de 2.8 kWp instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, hoy IPSE) en la Venturosa, Vichada, en 1996. Suministra energía a 120 V AC a una comunidad de 12 familias y centro escolar.



Figura 5. Sistema fotovoltaico de 3.4 kWp del Oleoducto Caño Limón-Coveñas. En operación desde hace más de 20 años.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los logros colombianos son aún modestos y el desarrollo actual no corresponde ni al potencial de varias fuentes ni a las posibilidades de un desarrollo local, que permita al país realizar tecnologías energéticas liberadas de las tradicionales dependencias de tecnologías foráneas. Sin embargo, se ha perdido tiempo valioso que hace que, si bien equipos desarrollados en los 80 causaban sorpresa y alguna admiración en el país y en el exterior, no son actualmente ni medianamente comparables a los desarrollados en otras naciones y probablemente no serían competitivos frente a los productos extranjeros.

Evaluación del recurso solar

La evaluación del potencial solar de Colombia se ha realizado empleando principalmente información de estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales), procesada para ser transformada de información meteorológica en información energética. La energía solar se ha evaluado para varias regiones como la Costa Atlántica [2], la Sabana de Bogotá [3] y para el país [4]. Posteriormente, se publicaron varios estudios que complementaron la información sobre radiación solar en el país [5, 6, 7, 8]. El más reciente es el *Atlas de Radiación Solar de Colombia* [9]. El potencial de la energía solar en el país se muestra en la Tabla 1.

Región del país	Radiación Solar (kWh/m ² /año)
Guajira	2 000 - 2 100
Costa Atlántica	1 730 - 2 000
Orinoquía-Amazonía	1 550 - 1 900
Región Andina	1 550 - 1 750
Costa Pacífico	1 450 - 1 550

Tabla 1. Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones [9].

Si se tiene en cuenta que el máximo mundial es de aproximadamente 2 500 kWh/m²/año, el potencial en Colombia en relación con este máximo varía entre 58 % en la Costa Pacífico y 84 % en la Guajira. Pero más importante aún que los valores es que la variación mensual de la radiación global frente a la media anual es pequeña comparada con las variaciones de otras regiones del mundo, lo que permite que los sistemas de acumulación de energía sean de capacidad reducida.

La información de estos estudios merece, sin embargo, los siguientes comentarios: la densidad de estaciones es en la Zona Andina más elevada que en el resto del país, razón por la cual los resultados de interpolaciones de valores de la radiación entre estaciones resulta menos confiable para el resto del país que para la Zona Andina. Y por otro lado, los modelos de radiación empleados no han sido suficientemente validados para el país. Hacia el futuro, se espera que la información sea más refinada y permita mejorar la resolución espacial de la información.

Ya en 1982, Colciencias había identificado 20 grupos de investigación en FENR y 4 instituciones ofrecían cursos de extensión sobre estas fuentes [10]. Se trabajaba en el desarrollo de diferentes tipos de colectores solares, películas y materiales absorbedores, sistemas de almacenamiento de calor en forma sensible y latente, ingeniería de grandes sistemas de calentamiento, secados y destilación solar. En cuanto a las celdas solares, se comenzó la investigación en la Universidad Nacional con el desarrollo de celdas de CdS y la ingeniería de los sistemas fotovoltaicos. También se inició el programa de postgrado en energía solar, que aun continúa pero más enfocado en celdas solares y sistemas fotovoltaicos.

Actualmente, los grupos universitarios de I&D en energía en el país ascienden a 101, clasificados por Colciencias en 4 categorías por su nivel de desempeño. De estos grupos, 4 tienen actividades en Energía Renovables y de éstos, 3 en energía solar. Las investigaciones cubren temáticas como radiación solar, aplicaciones térmicas de la energía solar (colectores y calentadores de agua, destiladores solares, secadores solares, entre otros) y celdas solares y sus aplicaciones. En este último campo, dos grupos del Departamento de Física de la Universidad Nacional realizan desde hace más de 20 años investigaciones en Celdas Solares y Sistemas Interconectados a la Red (Grupo de Celdas Solares), y el Grupo de Energía Solar, Radiación Solar y Aplicaciones de Sistemas Solares Térmicos y Fotovoltaicos. El Grupo de Celdas ha realizado numerosas publicaciones científicas sobre celdas solares principalmente, ha graduado numerosos estudiantes de Maestría y tiene varios estudiantes en el programa de Doctorado. El segundo grupo ha hecho más aportes relacionados con servicios como ha sido el programa de Telefonía Rural de Telecom, en el pasado, y, más recientemente, aplicaciones de sistemas solares en las zonas remotas del país para otras instituciones nacionales.

CONCLUSIONES

El interés por las FENR (Fuentes de Energía Nuevas y Renovables) y en particular en la solar, tanto a nivel de planificación estatal como en el sector de I&D, ha estado al vaivén de las crisis de energía. Tres aspectos que deberían orientar líneas de acción estatal para el desarrollo de las FENR son: primero, la importancia de diversificar la canasta energética nacional para dar flexibilidad al sistema de suministro de energía, necesario frente a un futuro lleno de incertidumbres frente. Segundo, la importancia de las FENR frente a los problemas causados principalmente por el impacto ambiental del uso de los combustibles fósiles y el agotamiento de sus reservas. Y, tercero, las FENR pueden jugar un papel importante en el suministro de energía en zonas remotas y aisladas, en las que aproximadamente un millón de familias en Colombia carecen de un servicio confiable de energía eléctrica.

La tendencia de las políticas energéticas de los diferentes países ha sido aumentar gradualmente el suministro de energía renovable, elaborándose para ello una estrategia de desarrollo que en regiones como la Unión Europea se ha propuesto la meta de alcanzar el 20% del suministro de su energía con renovables para el 2020, acordes con su política de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero [11]. Iniciativas regionales también han estado en marcha, como la que ha resultado de la “Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables” en la que los países miembros de esta región acordaron impulsar estas energías para lograr que en el año 2010 la región utilice por lo menos un 10 % de energías renovables del consumo total energético. Consecuencias de la denominada “Plataforma de Brasilia sobre energías renovables” no son cuantificables hasta la fecha.

En el caso particular de Colombia, se ha proferido la Ley 697 de 2001 o comúnmente llamada Ley URE (Uso Racional de Energía) y el Decreto 3683 de 2003. La primera busca dar el régimen general y los principios esenciales que rigen este tema y el segundo reglamentario de la ley, crea una estructura institucional

contemplando otras figuras que lo complementan. Esta Ley y este Decreto, si bien son necesarios, no han resultado suficientes para la promoción de estas fuentes como lo demuestra la realidad de los resultados desde su promulgación. Esencialmente se ha desarrollado el Parque Eólico de Jepirachi (19.5 MW) que entró en operación en 2004 y otros proyectos hidroeléctricos de Pequeñas Centrales que podrían totalizar 100 MW y se encuentran en desarrollo. Si se incluyen estos dos últimos, se tendría un desarrollo de aproximadamente 120 MW, 8 años después de promulgada la Ley, cifra modesta. Por tanto, es necesaria la formulación de un programa de desarrollo de las FENR, con la participación de todos los actores.

El programa de FENR debe integrar tres elementos esenciales: política, desarrollo de capacidad y desarrollo de proyectos. En términos de política, se deben incluir el análisis de las barreras, la formulación de mecanismos para aliviar o eliminar estas barreras, metas de desarrollo y recursos apropiados, normatividad e incentivos fiscales. En cuanto a desarrollo de capacidad, se debe incluir el sector académico y de I&D, firmas de ingeniería y las autoridades que formulan las políticas energéticas del país. Y en términos de desarrollo de proyectos, la formulación de proyectos de pre-inversión, el desarrollo de proyectos (incluyendo nuevamente las firmas de ingeniería y los fabricantes y distribuidores de equipos), y el monitoreo y seguimiento de los mismos para evaluar los logros alcanzados. Solamente un programa coherente podrá asegurar el desarrollo de las FENR en el país y la utilización de sus recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] **Investigación Científica RO Ltda.**

Evaluación de sistemas solares de calentamiento de agua. Bogotá: INEA (Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas), 1996, pp.50-53.

[2] **Fundación PESENCA.**

Evaluación de sistemas fotovoltaicos en Colombia. Bogotá: INEA (Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas), 1995, pp. 35, 85-94.

[3] **H. Rodríguez.**

Situación Energética de la Costa Atlántica. Vol.12 - Energía Solar – 2^a Edición corregida. Barranquilla: Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica, 1989.

[4] **F. González.**

Mapa de Radiación Solar de la Sabana de Bogotá. Tesis de Magister Scientiae en Física. Bogotá: Universidad Nacional, Departamento de Física, 1984.

[5] *Mapa de Radiación Solar de Colombia.*

Bogotá: Estudio elaborado por Tecsolár Ltda. para el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), 1985.

[6] **H. Rodríguez y F. González.**

Manual de Radiación Solar en Colombia – Vol. I. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1992.

[7] **F. González y H. Rodríguez**

Manual de Radiación Solar en Colombia – Vol. II. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1994.

[8] *Atlas de Radiación Solar de Colombia.*

Bogotá: Ministerio de Minas y Energía-INEA-HIMAT, 1993.

[9] *Atlas de Radiación Solar de Colombia.*

Bogotá: UPME-IDEAM, 2005.

[10] **H. Rodríguez M.**

Estado Actual de la I&D de las FENR en Colombia. Bogotá: Colciencias, 1982, pp. 263

[11] “The Climate action and renewable energy package,

Europe’s climate change opportunity”. Climate Action. EC/Europe/EU. Fecha de consulta: 30 Diciembre 2008. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.html