

Análisis bibliométrico de las investigaciones en sistemas híbridos de energía renovables Solar - Eólica comprendido entre el año 2000 a 2017

Scientific analysis of hybrid renewable energy systems Solar - Wind energy from 2000 to 2017

Karol CIFUENTES Thorrens [1](#); Alfonso RODRIGUEZ Peña [2](#); Guillermo VALENCIA Ochoa [3](#)

Recibido:29/01/2018 • Aprobado: 03/03/2018

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Metodología](#)
 - [3. Análisis y Resultados](#)
 - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias Bibliográficas](#)

RESUMEN:

Este artículo presenta el análisis bibliométrico de las tendencias y el estado de la investigación de los sistemas híbridos de energía renovable solar y eólica, fundamentado en la información obtenida de la base de datos Web Of Science (WoS) en el período de tiempo de 2000 a 2017. Los resultados generados son de tipo cuantitativo y cualitativo relacionados a la producción anual, el país, la institución, el impacto de citas y las relaciones de citas en el campo de estudio, la cual fue tabulada por medio del programa HistCite. El análisis tendencial realizado muestra un crecimiento exponencial desde el año 2012 en cuanto al número de publicaciones, siendo los Estados Unidos y Stanford University como el país y la institución con mayor producción de investigación respectivamente. Realizando una clasificación relacionada al Total Local Citations Score (TLCS), se observa la participación de tres países desarrollados Estados Unidos, China e Italia, mientras que la India presenta la mejor categorización de los países en vía de desarrollo. Finalmente, se muestra que la revista con mayor producción fue Renewable & Sustainable Energy Reviews, con aproximadamente el 17% del total de publicaciones entre las 30 revistas más desatadas.

ABSTRACT:

This article presents the scientific analysis of trends and research status of hybrid solar and wind renewable energy systems, based on information obtained from the Web of Science (WoS) database over the period 2000-2017. The results generated are of a quantitative and qualitative nature related to annual production, the country, the institution, the impact of citations and quotations in the field of study, which was tabulated through the HistCite program. The trend analysis shows an exponential growth since 2012 in the number of publications, with the United States and Stanford University as the country and institution with the highest research output, respectively. A classification related to the Total Local Citations Score (TLCS) shows the participation of three developed countries: The United States, China and Italy, while India presents the best categorization of developing countries. Finally, it is shown that the magazine with the highest production was Renewable & Sustainable Energy Reviews, with approximately 17% of the total publications among the 30 most outstanding magazines.

Keywords: Hybrid systems, renewable energy, solar energy, wind energy.

1. Introducción

En los últimos años se ha incrementado notablemente el número de desarrollos tecnológicos sobre el diseño, construcción e implementación de prototipos de generación de energía eléctrica mediante el uso de Fuentes No Convencionales de Energías (FNCE), (Ellabban, Abu-Rub, and Blaabjerg 2014), por ejemplo, energía solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa y de los biocombustibles, geotérmica, celdas de combustibles, entre otras (Varshney R, BhagoriaJL 2010). Aun así las comunidades rurales continúan con dificultades en el acceso a la energía eléctrica (Pérez Bedoya, Edigson, Osorio Osorio 2002). Diferentes estudios demuestran la factibilidad del uso de las FNCE integradas a estos sectores comunitarios (Plaza Castillo et al. 2015), (Caspary 2009). La anterior situación se evidencia en las zonas insulares, más exactamente en las Islas Corales del Rosario de la Ciudad de Cartagena de Indias (Colombia), donde por sus condiciones geográficas favorable para tal efecto, se pretende desarrollar un sistema híbrido de energía renovable solar y eólica (Unidad de planeación minero energética-UPME 2017), el Departamento de la Guajira por ejemplo, con el máximo potencial eólico solar de Colombia implementa el uso de las FNCE (Guajira et al. 2018) (GUILLERMO VALENCIA OCHOA, MARLEY CECILIA VANEGAS CHAMORRO 2016) . La inclusión de las FNCE en los servicios energéticos modernos y la nueva tendencia de generación de electricidad, ha sido catalogada como uno de los principales insumos para la mitigación de la pobreza, y aumento del desarrollo socioeconómico de los países (Sokona, Mulugetta, & Gujba, 2012). En la última década ha tenido un aumento vertiginoso las investigaciones y publicaciones acerca de los sistemas híbridos (Luis Barrios Guzman, Yulineth Cardenas Escorcia 2017) de energía teniendo en cuenta las diferentes necesidad del mercado .

Aun con las ventajas medioambientales y económicas, la electricidad producida por recursos de energía renovable un aspecto a tratar se fundamenta en la intermitencia del sistema, el cual puede poner en peligro la confiabilidad del sistema de potencia. (Safdarian, Fotuhi-Firuzabad, and Aminifar 2012). Es por ello, que la combinación de los sistemas de generación de energía eléctrica o sistemas híbridos, es una gran alternativa para la solución de ésta (Budes, Ochoa, and Escorcia 2017) desventaja de la generación de energía eléctrica con una única fuente de recursos renovables. Con la combinación de los sistemas híbridos solar-eólico es posible lograr mucho más capacidad y confiabilidad (Plaza Castillo et al. 2015) combinando turbinas de viento con generadores fotovoltaicos para superar las fluctuaciones en la producción de la energía bajo diversas condiciones climáticas. (Liu and Wang 2009). El concepto de la generación de energía renovable en el sitio es extraer energía de fuentes renovables cerca del área poblada donde la energía es requerida. (Chong et al. 2011). Esta es otra de las ventajas que presentan los sistemas híbridas de energía renovable, no requiriendo extensiones de redes de transmisión y distribución (Elhadidy and Shaahid 2004)

En este artículo presenta un análisis cuantitativo de la información disponible hasta la fecha, con búsqueda acotada de los años 2000 y 2017, los estudios cuantitativos permiten medición del impacto, conjuntos de referencia, artículos para investigar, impacto de las revistas e institutos, la comprensión de citas científicas, mapeo de campos científicos y producción entre otros (Zhao, 2017) y en general la revisión cualitativa y cuantitativa de las producciones científicas (Guraya, 2013).

2. Metodología

Con el fin de identificar los principales actores en la investigación de la aplicación de sistemas híbridos de energía renovables solar y eólica, como sistemas capaces de suministrar energía eléctrica se realiza el análisis cuantitativo donde inicialmente, se utilizó la base de datos especializada de WoS , donde se obtuvo información relacionada a la temática de estudio , correspondiente a los sistemas híbridos de energía renovables Solar - Eólica comprendido durante el año 2000 a con esta información fue posible analizar los

indicadores bibliométrico, s esta información fue procesada por la herramienta estadística de HistCite , logrando obtener la información tabulada por principales autores, países, revistas etc, el cual permitió identificar los artículos más citados, mostrados en el índice de Total Local Citación Score TLCS, lo que significa que hacen parte del grupo de artículos más citados en su región. Los aspectos que se tuvieron en cuenta para el éxito de este análisis se desglosan a continuación:

2.1. Población y muestra

La población objetivo del presente estudio está constituida por 90 registros, entre los que se destacan artículos científicos, artículos de conferencia, libros y capítulos de libros, material editorial, libros de revisión. Los artículos científicos representaron aproximadamente el 77% del total de registros, comprendido entre los años 2000-2017 con un criterio de búsqueda de la palabra "wind energy", "Solar Energy" en el título y la palabra "renewable energy systems" en el tema.

El sistema que se utilizó para ubicar los registros de los sistemas híbridos de energía renovable solar y eólica, fue producto de la búsqueda de información en la base de datos WoS, el cual es recurso extenso y único que permite que se evalúe y compare revistas usando los datos de citas encontrados. WoS es la única fuente de datos de citas sobre revistas e incluye virtualmente todas las áreas de la ciencia, tecnología y ciencias sociales. Los informes muestran las revistas citadas con mayor frecuencia, con mayor impacto y con mayor vida media. Estos datos son importantes porque indican cómo los investigadores actuales están utilizando con frecuencia las revistas especializadas (Waltman 2016).

En la etapa de estudio, se recopilan los indicadores bibliométrico que ofrece el software HistCite, para el procesamiento de esta información científica, los cuales son visualizados en la última etapa del procedimiento, mediante la obtención de tablas y gráficos que muestran los resultados estudiados.

3. Análisis y Resultados.

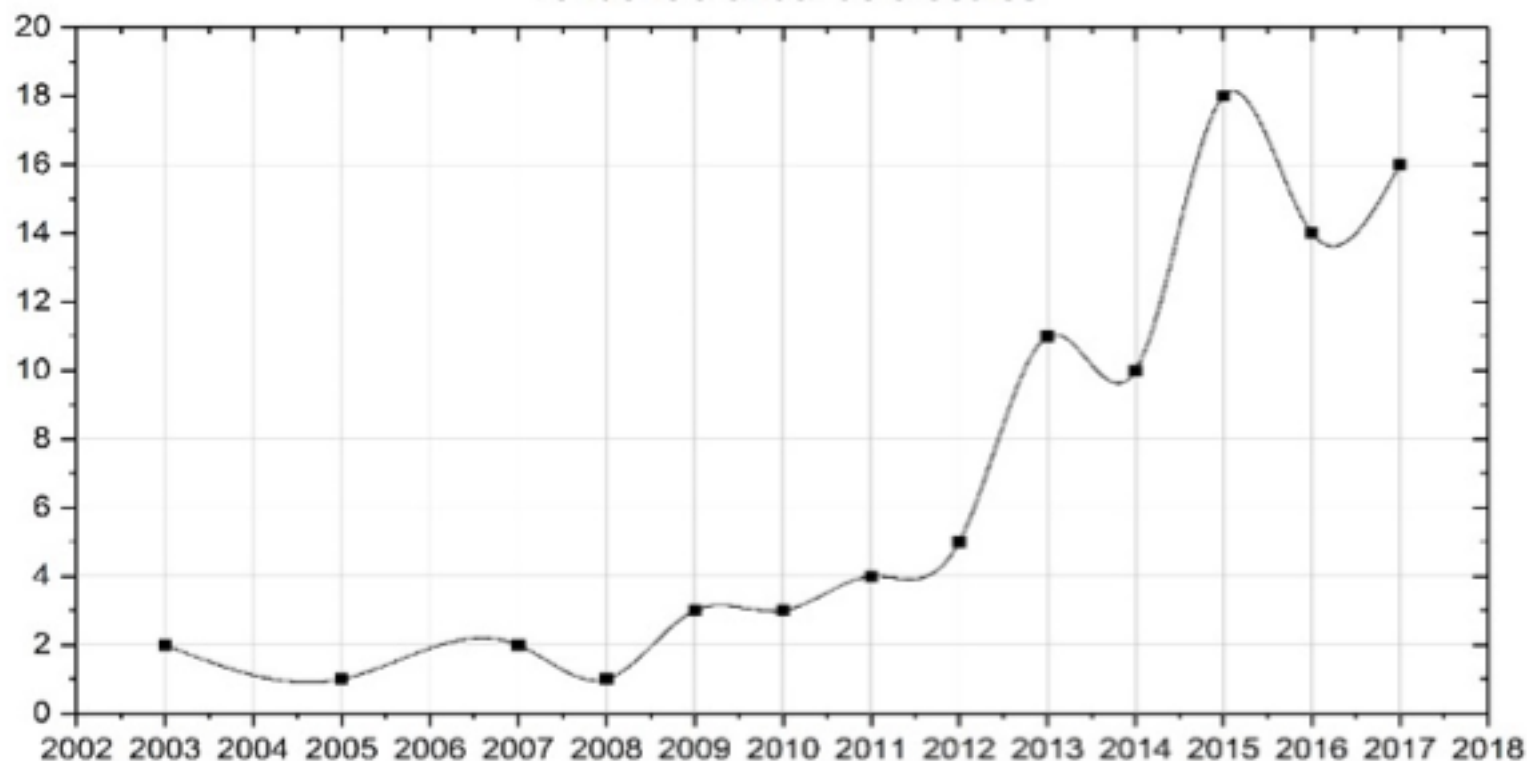
3.1. Tipo de documento e idioma

Se identificaron 3 tipos de documentos en 90 registros, donde en su mayoría pertenecen a la categoría de artículos de revistas, que representan aproximadamente el 77% del total de registros, lo que el medio de publicación corresponde a artículos científicos, además estos trabajos fueron escritos en 2 idiomas, de los cuales dominó el inglés, con 99% de los registros totales, este resultado se debe a que el inglés es el idioma internacional para los investigadores a nivel mundial. El 1% restante es el idioma portugués.

3.2. Producción anual de la investigación

En la Figura 1 se muestra la producción de la investigación anual correspondientes entre los años 2000 y 2017, indicando una tendencia creciente desde el año 2010, durante el año 2016 hubo poco reporte en las publicaciones relacionadas al tema de estudio

Figura 1
Tendencia anual Investigativa



3.3. Distribución Investigativa por países

El análisis de la distribución por países, muestra los países que han reportado o divulgado sus avances e investigaciones en cualquiera de los medios de comunicación científica, para el caso particular un total de 30 países contribuyeron a la investigación de sistemas híbridos de energía renovable solar y eólica. A partir de la Tabla 1 se puede observar que la lista es encabezada por Estados Unidos con un total de 19 publicaciones, seguida de India, China, España e Italia.

Las citas muestran el impacto que tienen las publicaciones, estas son medidas mediante el indicador de TLCS, (Total local citación Score) como el indicador para medir la influencia investigativa total entre estos países. En la Tabla 1 observa que Estados Unidos genera la mayor cantidad de publicaciones, a su vez los artículos generados en la India son los más referenciados, es decir son los de mayor impacto y a su vez los de mayor índice de TLCS. Entre los 10 países con los mayores valores de TLCS, hay 7 países desarrollados (Estados Unidos, España, Alemania, Italia, Canadá, Francia y China) y 3 países en vía de desarrollo (India, Ucrania e Irán).

Tabla 1
Países con mayores publicaciones

Pocisión	Pais	Publicaciones	TLCS
1	Estados Unidos	19	7
2	India	13	16
3	Republica de China	9	2
4	España	8	0
5	Italia	7	0
6	Canadá	5	0
7	Reino Unido	5	0
8	Francia	4	0
9	Alemania	4	1
10	Iran	4	2

3.4. Distribución Investigativa por Instituciones

La distribución basada en las instituciones, muestra la capacidad de investigación y las actividades de las instituciones alrededor del mundo. Esta distribución determina las instituciones líderes en la investigación de los sistemas híbridos de generación de energía renovable solar y eólica como muestra la Tabla 2, la institución con la producción más alta en artículos fue la Universidad de Stanford, seguido de catorce (14) Universidades de diferentes países con igual número de publicaciones (2). La distribución basada en instituciones es similar a la producción que se mostró en la distribución por países mostrada en la Tabla 1. Usando TLCS, las tres instituciones más importantes en términos de citas fueron la Universidad de Stanford, el Instituto Tecnológico Maulana Azad en la India y la Universidad Davis en California.

Adicionalmente, se obtuvo el número de citas por publicación (TLCS/Publicaciones) como se muestra Tabla 2 en las instituciones con publicaciones de alto nivel. Con respecto a la producción de la investigación y el impacto académico, la universidad con mayor cantidad de citas corresponde a la Universidad de Stanford en California (Estados Unidos). La India es en definitiva el país en vía de desarrollo que está intensificando la producción de investigación en este sistema de Fuentes híbridas de energía renovable como medio para lograr el desarrollo social y económico del país.

Tabla 2
Distribución basada en instituciones

Pocisión	Institución	Publicaciones	TLCS
1	Stanford Univ	3	5
2	Gyeongsang Natl Univ	2	0
3	Huazhong Univ Sci & Technol	2	0
4	Lappeenranta Univ Technol	2	1
5	Maulana Azad Natl Inst Technol	2	7
6	MINES ParisTech	2	0
7	Natl Renewable Energy Lab	2	0
8	Natl Tech Univ Athens	2	0
9	Potsdam Inst Climate Impact Res	2	0
10	Seoul Natl Univ	2	2

3.4. Distribución de revistas y documentos de investigación

La Tabla 3 muestra las 5 principales revistas de publicaciones relacionadas a la temática, la revista con mayor producción Renewable & Sustainable Energy Reviews, con un 17% del total de publicaciones de las revistas,. Renewable & Sustainable Energy Reviews, es una revista que se dedica exclusivamente a la ciencia y la tecnología de las aplicaciones de energía renovable y Sostenible (12) y el mayor número de citas (TLCS=15). Siendo así la revista más importante en el ámbito los sistemas híbridos de energía renovable solar y eólica.

Tabla 3
Top 5 de las revistas con mayor cantidad de publicación

Pocisión	Revista	Publicaciones	TLCS
1	Renewable & Sustainable Energy Reviews	12	15
2	Renewable Energy	8	1
3	Republica de China	5	2
4	Energy conversion and management	5	5
5	Energy Policy	5	0

3.5. Artículos de alto impacto y autores

En la Tabla 4 se muestran los cinco 5 artículos de mayor impacto los cuales fueron escritos por 23 autores, de los cuales Nema P y Nema Rk, hán sido los más referenciados teniendo en cuenta que se publicó este artículo en el mes de octubre de 2009.

Tabla 4
Artículos de mayor impacto

ITEM	Autores	Titulo	Revista
1	Nema P, Nema RK, Rangnekar S	A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: A review	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS. 2009 OCT; 13 (8): 2096-2103
2	Delucchi MA, Jacobson MZ	Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies	ENERGY POLICY. 2011 MAR; 39 (3): 1170-1190
3	Khatod DK, Pant V, Sharma J	Analytical Approach for Well-Being Assessment of Small Autonomous Power Systems With Solar and Wind Energy Sources	IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION. 2010 JUN; 25 (2): 535-545
4	Liu LQ, Wang ZX	The development and application practice of wind-solar energy hybrid generation systems in China	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS. 2009 AUG-SEP; 13 (6-7): 1504-1512
5	Kabalci E	Design and analysis of a hybrid renewable energy plant with solar and wind power	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT. 2013 AUG; 72: 51-59

4. Conclusiones

En general la tendencia de la investigación de sistemas híbridos de energía renovable eólica y solar ha aumentado de manera constante desde el año 2000 hasta 2017 con un resultado obtenido de incremento investigativo en relación al tema entre los años 2009 y 2017. Estas tendencias muestran la importancia de los sistemas híbridos de energía renovable eólica y solar y la integración con otros sistemas para lograr un mayor uso eficiente de la energía y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al desarrollo de zonas habitadas especialmente en el área rural y zonas insulares que no están conectadas al sistema de interconexión de un determinado país.

A raíz de las actuales políticas gubernamentales y a los compromisos de la gran mayoría de países con el acuerdo de Kyoto, sobre la emisión de gases de efecto invernadero se espera que el uso e investigación relacionada con la implementación de sistemas híbridos de energía renovable siga en aumento. Actualmente más de 30 países aportan significativamente a la investigación de sistemas híbridos de energía renovable eólica y solar centrándose su producción en Estados Unidos, India, China e Italia. En Colombia, teniendo

en cuenta las políticas de su gobierno contenidas en el documento PROURE 2017-2022 y a los decretos tributarios donde se eximen del impuesto al valor agregado (IVA) a los componentes de estos sistemas generadores, se espera también aumente su implementación.

Referencias Bibliográficas

- Budes, Farid Barrozo, Guillermo Valencia Ochoa, and Yulineth Cárdenas Escorcía. 2017. "Hybrid PV & Wind Grid-Connected Renewable Energy System to Reduce the Gas Emission and Operation Cost." x(xx).
- Caspary, Georg. 2009. "Gauging the Future Competitiveness of Renewable Energy in Colombia." *Energy Economics* 31(3): 443–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2008.12.007>.
- Chong, W. T. et al. 2011. "Techno-Economic Analysis of a Wind-Solar Hybrid Renewable Energy System with Rainwater Collection Feature for Urban High-Rise Application." *Applied Energy* 88(11): 4067–77.
- Elhadidy, M. A., and S. M. Shaahid. 2004. "Promoting Applications of Hybrid (Wind+photovoltaic+diesel+battery) Power Systems in Hot Regions." *Renewable Energy* 29(4): 517–28.
- Ellabban, Omar, Haitham Abu-Rub, and Frede Blaabjerg. 2014. "Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39: 748–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>.
- Guajira, Colombian, Introduction The, La Guajira, and Renewable Energies Law. 2018. "Renewable and Sustainable Energy Reviews." 82(May 2017): 4245–55.
- GUILLERMO VALENCIA OCHOA, MARLEY CECILIA VANEGAS CHAMORRO, EUNICE VILLICANA ORTIZ. 2016. *Atlas Solar de La Costa Caribe colombiana" En: Colombia 2016*. Universidad del Atlántico.
- Liu, Li qun, and Zhi xin Wang. 2009. "The Development and Application Practice of Wind-Solar Energy Hybrid Generation Systems in China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(6–7): 1504–12.
- Luis Barrios Guzman, Yulineth Cardenas Escorcía, Guillermo Valencia Ochoa. 2017. "Análisis Tendencial de Las Investigaciones de Eficiencia Energética En Sistemas de Refrigeración Durante Los Años 2013 a 2017." 38: 12.
- Pérez Bedoya, Edigson, Osorio Osorio, Jaime A. 2002. "Energía, Pobreza Y Deterioro Ecológico En Colombia: Introducción a Las Energías Alternativas."
- Plaza Castillo, Jairo et al. 2015. "Design, Construction and Implementation of a Low Cost Solar-Wind Hybrid Energy System." *IEEE Latin America Transactions* 13(10): 3304–9.
- Safdarian, Amir, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, and Farrokh Aminifar. 2012. "Compromising Wind and Solar Energies from the Power System Adequacy Viewpoint." *IEEE Transactions on Power Systems* 27(4): 2368–76.
- Unidad de planeación minero energética-UPME. 2017. "Plan De Acción Indicativo De Eficiencia Energética 2016 - 2021."
- Varshney R, Bhagoria JL, Mehta CR. 2010. "Small Scale Biomass Gasification Technology in India an Overview." *JEng,SciManage*: 33–40.
- Waltman, Ludo. 2016. "A Review of the Literature on Citation Impact Indicators." *Journal of Informetrics* 10(2): 365–91.

1. Estudiante de la especialización en Gestión Eficiente de Energía, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. kcifutor@gmail.com

2. M.Sc. Ingeniería Mecánica, Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación, Materiales, Procesos y Tecnologías de Fabricación IMTEF, Barranquilla, Colombia. alfonsorodriguez1@mail.uniatlantico.edu.co

3. M.Sc. Ingeniería Mecánica, Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía, Kaí, Barranquilla, Colombia. guillermovalencia@mail.uniatlantico.edu.co

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]