



EVALUACIÓN DE UN AEROGENERADOR PARA LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA SOSTENIBLE EN UN CENTRO EDUCATIVO ECUATORIANO

Oscar Lara¹, José Parreño¹, Julián Chipugsi¹, Marco Yanchaliquin¹, Diego Bustillos²
¹Departamento de Eléctrica y Electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. ²Departamento de Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. orlara@espe.edu.ec

ASA/EX 2020-11

Recibido: 01-07-2020

Aceptado: 31-07-2020

RESUMEN

El uso de energía fósil e hidroeléctrica ha conllevado al deterioro de los recursos naturales por problemas de contaminación y deterioro de las cuencas hidrográficas, es por ello que se deben adoptar sistemas de energía limpia como la solar y la eólica para hacer un uso sostenible de estos recursos, en los sistemas de educación superior donde el componente ambiental es un eje transversal de la malla curricular, se debe concientizar sobre el uso de este tipo de energía limpia, en este sentido en la Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador (ESPE) se diseñó y evaluó un prototipo de aerogenerador para proveer energía en las áreas de seguridad interna, el cual serviría como una vitrina para mostrar las ventajas y aplicabilidad de este tipo de energía en situaciones reales. El prototipo de aerogenerador tuvo como objetivo dotar de energía confiable indistintamente de su uso a las áreas más remotas y vulnerables o a su vez a sistemas que necesiten de energía constante en casos de emergencia por ausencia de la red de distribución convencional. Los resultados encontrados muestran que el uso de la turbina eólica bajo las condiciones climáticas del Ecuador con fines domésticos, no permite un ahorro sustancial de energía, por lo que se recomienda la construcción de sistemas eólico a mayor escala lo cual se traduce en un ahorro importante en términos económico y la reducción de la producción de CO₂, pero los bajo costos de la energía eléctrica en la región impide la masificación de los sistemas de energía eólica, a pesar de las ventajas ambientales y el uso seguro de las mismas, así mismo la inversión para la implementación y mantenimiento de los sistemas eólicos, resulta costosa al compararla con los sistemas convencionales.

Palabras Clave: ahorro energético, contaminación, impacto ambiental, sustentabilidad.



EVALUATION OF AEROGENERATOR FOR THE USE OF SUSTAINABLE ENERGY IN AN ECUADORIAN EDUCATIONAL CENTER

ABSTRACT

The use of fossil and hydroelectric energy has led to the deterioration of natural resources due to problems of pollution and deterioration of water basins, which is why clean energy systems such as solar and wind power should be adopted to make sustainable use of these resources in higher education systems where the environmental component is a transversal axis of the curriculum, Awareness of the use of this type of clean energy should be raised. In this regard, the University of the Armed Forces of Ecuador (ESPE) designed and evaluated a prototype wind turbine to provide energy in the areas of internal security, which would serve as a showcase to demonstrate the advantages and applicability of this type of energy in real situations. The aim of the wind turbine prototype was to provide reliable energy to the most remote and vulnerable areas or to systems that need constant energy in case of emergency due to the absence of the conventional distribution network. The results found show that the use of the wind turbine under the climatic conditions of Ecuador for domestic purposes, does not allow substantial energy savings, so it is recommended the construction of wind systems on a larger scale which translates into significant savings in economic terms and reducing the production of CO₂, but the low cost of electricity in the region prevents the massification of wind energy systems, despite the environmental advantages and safe use of them, likewise the investment for the implementation and maintenance of wind systems, is expensive when compared with conventional systems

Keywords: energy saving, pollution, environmental impact, sustainability.



INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes el ser humano ha necesitado fuentes de energía que faciliten sus actividades diarias que van desde las más básicas hasta las más complejas como las que podemos observar en la actualidad. Esta búsqueda se ha reflejado a lo largo de los años, debido al avance tecnológico, que ha desarrollado sistemas energéticos como el hidroeléctrico (Marín et al. 2016), fósil (López et al. 2019) y nuclear (De la Torre y Rubio, 2018), cuyo uso continuo ha conllevado a problemas de contaminación de aguas, contaminación atmosférica, afectación de flora y fauna, desarrollando de enfermedades por la exposición a radiaciones (Segura, 2019), aumentando los riesgos de calentamiento global por la emisión de CO₂ (Pérez y Osal, 2019) y accidentes laborales como el reportado en Chernobyl en la década de los ochenta con severas consecuencias sobre la población (Omer, 2018). Adicionalmente los sistemas convencionales de generación energética

aumentan el consumo de combustibles derivados del petróleo; que producen gases contaminantes para el medio ambiente o a su vez alteración del ecosistema para la construcción de los proyectos de infraestructura eléctrica, en tal sentido se deben desarrollar energías alternativas, amigables con el ambiente; que permitan un uso sostenible de los sistemas energéticos, en este orden de ideas la energía eólica es un recurso inagotable la cual está presente en todas las regiones del planeta (Gómez et al. 2016; Ortiz y Cáceres, 2018; Cunha et al. 2019) pudiendo constituirse en una garantía de autonomía de edificios, escuelas, hospitales y promover el ahorro energético, con los beneficios ambientales antes mencionados (Sigarchian et al. 2018; Sánchez et al. 2019).

Entre las fuentes de energía alternativa la eólica se ha desarrollado como alternativa, la cual se obtiene del viento, aprovechando, la energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire, cuyos primeros usos conocidos se remontan a 3000 a.C, donde se usó la



energía eólica como mecanismo de movilización marítima, pero los primeros generadores eólicos surgieron en el siglo XIX y no fue sino hasta la década de los 80 donde el desarrollo de las corrientes ambientalistas promueven el uso de energías alternativas, las cuales fueron potenciadas a partir del protocolo de Kioto (Ramírez, 2020) y aupadas por el aumento de los precios petroleros (Ruiz y Mitre, 2017), el calentamiento global (Sánchez et al. 2017) y la desertificación que obligan a la protección medioambiental (Aseffe et al. 2019).

En este sentido, en el mundo se han desarrollado diferentes proyectos que aprovechan el potencial energético del viento, dentro de los cuales se pueden citar el complejo eólico Gansu en China (Kheshti et al. 2018), el centro de energía eólica en California, Estados Unidos (Wang et al. 2019) y el parque eólico MUNDAPAL en la India (Dawn et al. 2019); en el caso del Ecuador se desarrolló a partir del 2007 el parque eólico de San Cristóbal, así como el parque eólico Baltra, el cual suministra

energía a las islas de Baltra, Santa Cruz y Puerto Ayora (Palacios et al. 2019).

Las ventajas del uso de la energía eólica, radican en que utiliza un recurso que es renovable, el mismo no es contaminante, causa una mínima perturbación al ambiente, no genera gases de efecto invernadero, lo cual disminuye el calentamiento global, a largo plazo, es de menor costo que los sistemas convencionales, no propicia el desarrollo de problemas de salud, dado que no emite radiaciones, por lo cual su promoción permitirá el desarrollo de fuentes de energía con garantías de seguridad en su suministro y en la salud de los usuarios y el medio ambiente (Ren et al. 2017; Dai et al. 2018).

Dada la importancia de la energía eólica, los sistemas de educación universitaria deben promover y concientizar sobre el uso de la misma, lo cual cobra más importancia dado que la mayoría de las carreras poseen el componente ambiental dentro de su malla curricular, conscientes de esto la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) no solo incluye la enseñanza del uso de energía eólica, sino que promueve el uso de



prototipo dentro de sus instalaciones, de tal manera que a través de la experiencia se demuestren las ventajas de este sistema, por lo tanto el objetivo de esta investigación fue evaluar un dispositivo de generación eólica para el suministro de energía limpia al sistema de seguridad y vigilancia del campo de Belisario Quevedo y su evaluación en términos de autonomía energética y rendimiento expresado en la cantidad de energía eléctrica generada por el dispositivo.

Características del área de estudio

El aerogenerador fue instalado en la localidad de Latacunga, campus de Belisario Quevedo, ubicado a una Altitud de 2735msnm, en las coordenadas geográficas de 0.966667 LS y Longitud de 78.5667 LO, parroquia Belisario Quevedo-Ecuador, donde las condiciones climatológicas velocidades de viento superiores a los 3m s⁻¹ crean condiciones propicias para el desarrollo de este sistema energético (Cuadro 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuadro 1. Registro de velocidad promedio del viento en estación Latacunga, provincia de Cotopaxi Ecuador durante el año 2019.

Me s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m s ⁻¹	4,08	4,08	3,57	3,57	4,08	5,1	5,61	5,1	4,59	3,57	3,57	4,08
km h-1	14,6 9	14,6 9	12,8 5	12,8 5	14,6 9	18,3 6	20,2 0	18,3 6	16,5 2	12,8 5	12,8 5	14,6 9

En esta estación la velocidad del viento más alta se alcanza para las horas vespertina donde alcanzan valores superiores a los 4 m s⁻¹. (Figura 1)

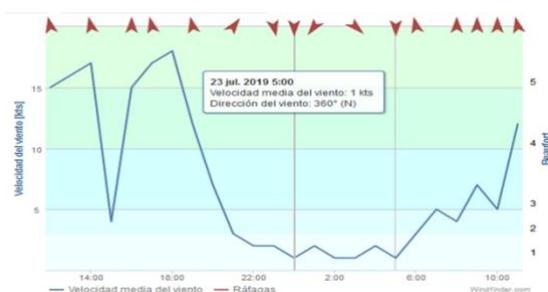


Figura 1. Distribución de la velocidad del viento durante el día, en la estación Latacunga provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

Como el sistema de generación eólica fue utilizado para suministrar energía limpia a un área del sistema de seguridad, monitoreo y vigilancia de la institución educativa, para poder estimar la energía eólica necesaria para suplir los

requerimientos energéticos, sin recurrir a otra fuente de energía, fue necesario estimar los requerimientos energéticos de los sistemas de seguridad, los cuales se observan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Requerimientos de energía de los equipos de seguridad de la ESPE en la Latacunga, provincia de Cotopaxi-Ecuador.

Radio Vertex	2	60W	120W
Teléfono cisco	1	18W	18W
Pc de escritorio	1	200W	200W
		Total	338W

Cálculo del banco de almacenamiento de energía

Adicional al cálculo de la potencia demandada por los equipos de monitores se buscó el tiempo de autonomía que se desea para el funcionamiento los aparatos electrónicos que se alimentaron con el aerogenerador eólico; en este caso se estimó autonomía de la red pública de cuatro días, para lo cual se calculó la cantidad de energía a utilizar, mediante la aplicación de la siguiente ecuación: $Ct = N * Ed \quad Nb * Ni * Vnb * pfd$.

De acuerdo a los resultados de se requiere un banco de almacenamiento compuesto de dos baterías de 100Ah a 12V para alimentar los equipos de comunicación que comprenden los radios Vertex Standard y un computador de escritorio para almacenar 173,36 Ah.

Selección de la turbina eólica

Considerando las condiciones de velocidad del viento y distribución durante los días, se seleccionó la turbina Exmork ZH500W, ya que por sus características de funcionamiento permitió un arranque de generación con una velocidad mínima de 2,5 m s⁻¹, además la misma posee un sistema de freno de protección que se activa a una velocidad de 11m/s resguardando la integridad de los álabes y el rotor.

Instalación de la turbina EXMORK ZH500W

La turbina se instaló en la parte posterior de la garita de vigilancia en el acceso principal de la ESPE, campus Quevedo; a una altura aproximada de 12m sobre el nivel del suelo. Se utilizó un poste de hormigón armado plantado 1,5 m bajo el suelo por normativa de seguridad. La altura deseada se alcanzó con una estructura de andamios metálicos para posteriormente elevar la turbina (Figura 2).



Figura 2. Ubicación de la turbina Exmork ZH500W en campus

Belisario Quevedo en la Universidad de las Fuerzas Armadas – Ecuador, para la generación de energía eólica.

Rendimiento de la turbina eólica

De acuerdo a las condiciones especificadas por el fabricante, la turbina Exmork ZH500W tiene un comportamiento dependiendo de la velocidad de viento que accione a los álabes; teniendo como velocidad mínima de generación 2,5 m s⁻¹ y un máximo de 11 m s⁻¹. Bajo estas condiciones y por accionamiento automático del sistema de frenado el rendimiento de la turbina se ve reflejado en su diagrama de curva de rendimiento (Figura 3).

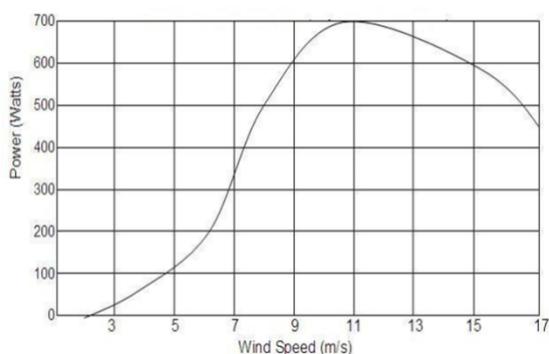


Figura 3. Curva de rendimiento de la turbina Exmork ZH500W

Controlador de operación

El controlador de operación Exmork FKJ-A tiene un funcionamiento automático que resuelve posibles situaciones que se presenten mientras se encuentre en funcionamiento la turbina; además de ser el enlace entre la corriente alterna generada por la turbina y el banco

de baterías, conmutando las señales de manera que el almacenamiento sea seguro.

Banco de baterías

Los sistemas de almacenamiento de energía comúnmente llamados baterías son elementos fundamentales para dar autonomía a un sistema eléctrico definido. Se realizó la selección del banco de baterías compuesto por dos dispositivos AlphaCell 4.0 HP de 100 Ah cada una, sumando una capacidad que brindó autonomía para cuatro días aproximadamente para las cargas iniciales del equipo de radios repetidoras, y un rendimiento de un día si se adiciona el consumo del computador al total de cargas.

Ensayos de funcionamiento

Instalada la turbina y conectados todos los equipos se procedió hacer la primera prueba de ensayo, que consistió en la conexión de pequeñas cargas al inversor para verificar su funcionamiento. Los aparatos conectados fueron un cargador de celular, una radio, una lámpara incandescente y una cafetera eléctrica de manera individual.

Estimación de la energía eólica producida

Para calcular la cantidad de energía producida se estableció una función matemática relacionando la velocidad del viento promedio producida en Latacunga y el rendimiento energético de la turbina eólica usada, la ecuación: Energía (W): $92,5 (\text{velocidad del viento}) - 301,5$ la cual tuvo un R^2 de 0,96 por lo que los datos estimados con esta ecuación son muy parecidos a los datos reales.

A partir de esta ecuación se introdujeron los datos de velocidad del viento promedio en la localidad de Latacunga obtenidos en el año 2019, y se estimaron los datos de producción de energía, en Watt, para los 12 meses del año, los cuales fueron transformados a kWh (Figura 4).

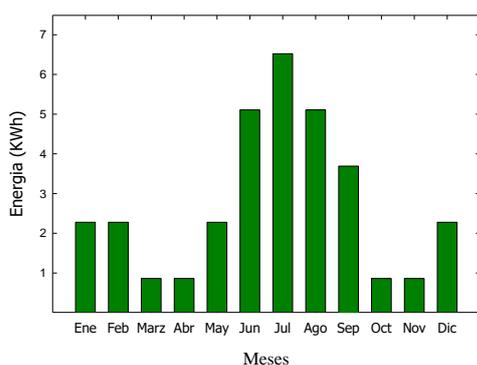


Figura 4. Estimación de la producción de energía eólica por la turbina Exmorx, Latacunga, provincia de Cotacachi, Ecuador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez diseñado el aerogenerador y comprobado su óptimo funcionamiento,

se realizó el análisis de su impacto en función del ámbito económico, de rendimiento y ambiental, para lo cual se evaluó la cantidad de energía producida anualmente, la cantidad de dinero ahorrado en función de la energía eólica producida y su relación con los costos de energía eléctrica en el Ecuador, y las estimaciones de producción de CO₂.

Se estimó que anualmente esta turbina produce 70,50 kWh diarios, que equivale a 2,35 kWh mensual aproximadamente, lo cual está muy por debajo del consumo promedio de las tres principales regiones el cual que es de 167,3 kWh diarios en el Amazonas, 142,6 kWh en la Costa y 128,4 kWh en la Sierra.

Si bien la energía producida por el aerogenerador usado en la ESPE, solo logra satisfacer los requerimientos de electricidad de la estación de vigilancia y monitoreo, su funcionamiento en términos de eficiencia fueron similares a los reportados por Okundamiya y Ogujor (2017) quienes reportaron que un aerogenerador eólico generó una energía de 75 kWh, lo cual permitió satisfacer la demanda en poblaciones rurales de Nigeria, quienes consumen en promedio entre 97,47 kWh y 563 kWh diarios, los rendimientos del sistema eólico, fueron superior a los paneles solares que

generaron 46,7 kWh diarios, estos autores señalan que estos sistemas ecológicos permiten un ahorro de 79 % de los costos por energía y redujeron las emisiones a 5,15 kg de CO₂ por hogar, por lo que el uso de este aerogenerador en Ecuador sería factible siempre y cuando se construyan turbinas con mayor capacidad de producción de energía y bancos de almacenamiento más grande, para aprovechar las condiciones climáticas de la zona.

En términos de ahorro el uso del generador eólico permitirá un ahorro de 74,80 \$ anuales, lo que representa una proporción baja del gasto anual de energía el cual es de 225,36 \$ en la costa; 200,52 \$ en la amazonia y 193,08 \$ en la Sierra, lo cual representa una proporción pequeña si se compara con los gastos anuales de cada una de estas regiones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Gasto anual por consumo de energía eléctrica y por el uso del aerogenerador en tres regiones ecuatorianas.

	Costo (\$)		
	Costa	Amazonia	Sierra
Aerogenerador	3,47	3,47	3,47
Energía eléctrica	225,36	200,52	193,08

En Ecuador las bondades del uso de energía eólica no son notables como sucede en Rusia, donde su uso ha

demostrado grandes ventajas según lo reportan Elistratov y Kudryasheva (2016), quienes encontraron una reducción en el consumo de 510 kWh a 160 kWh; una reducción en el consumo de diésel de 303 litros a 12,5 litros por año, los costos de mantenimiento resultaron 1,3 veces menores, la emisiones de CO₂ se redujeron en 600 Tn, mientras que el costo por consumo de energía se redujo en un 38 % con respecto a la energía eléctrica.

El uso de un aerogenerador de este tipo en las principales regiones del Ecuador (Costa, Amazonia y Sierra) permitirá una reducción del consumo de energía no renovable de entre 1,57 y 2,04 % (Figura 5), considerando los datos de consumo mensual de energía producido en hogares ecuatorianos y el rendimiento promedio del aerogenerador en función de las características climáticas, sin embargo a pesar de que este ahorro es pequeño el mismo pudiera aumentar con la construcción de parques eólicos, lo cual disminuirá considerablemente la producción no renovable de energía eléctrica y con ello las emisiones de CO₂, estos desarrollos están limitado por ser una energía que no se puede almacenar, depende de la velocidad del viento la cual es impredecible, etc.

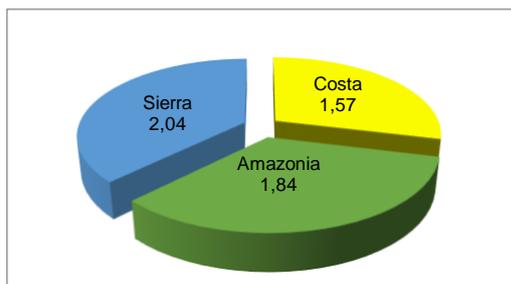


Figura 5. Ahorro potencial de energía mediante el uso de un aerogenerador en tres regiones del Ecuador

La instalación y puesta en marcha del aerogenerador en la ESPE tiene fines didácticos y por tanto la potencia generada no solo permitirá un ahorro pequeño de energía en comparación con los consumos promedios de la mayoría de los hogares ecuatorianos, especialmente en las regiones más pobladas y con mayor actividad económica, sin embargo autores como Wisser et al., (2016) reportan que los sistemas de energía eólica bajo tres escenarios se espera una reducción del gasto energético, tanto en costo como en la emisión de CO₂ entre 24 % hasta un 50 %, cuyo pico máximo lo alcanzaría en el año 2050.

Para que esto sea posible aparte de las condiciones climáticas, donde el Ecuador presenta ventajas competitivas por su ubicación, hay factores como es el diseño de turbinas con mayor capacidad, que deben estar entre 3,25 MW a 11

MW, con motores que alcance los 190 m de diámetro.

El reto de los diseñadores está en construir turbinas con mayor potencia y durabilidad y reducir los costos de financiamiento.

Usando el factor de emisión de CO₂ (0,5062) que permite calcular las Tn de CO₂ por cada MWh de energía producido, se estimaron las emisiones de CO₂ mediante el generador eólico y la producida por la energía eléctrica en regiones ecuatorianas, cuyos resultados se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Emisiones anuales de CO₂ producidas por la generación de energía eléctrica y el uso del aerogenerador en tres regiones ecuatorianas.

	Emisión de CO ₂ (Tn)		
	Costa	Amazonia	Sierra
Aerogenerador	0,01	0,013	0,01
Energía eléctrica	3	3	3
	0,72	0,610	0,55
	0	0	0

Youesefi et al., (2018) destacan las ventajas comparativas de la energía eólica para reducir las emisiones de CO₂, las cuales alcanza las 120 Tn GWh⁻¹ en los sistemas convencionales y es reducido a 80 Tn GWh⁻¹ en los sistemas hidroeléctricos, 40 Tn GWh⁻¹ en los sistemas de energía nuclear y 25Tn GWh⁻¹ en los sistemas de generación eólica, se estima que para el año 2030

con el uso de energía eólica se reduzca las emisiones de CO₂ en 2100 Tn GWh-1.

Los resultados encontrados demuestran que la energía eólica resulta una alternativa válida para reducir las emisiones de CO₂ y los gastos de energía eléctrica, el rendimiento de una turbina a pequeña escala aunque no permite una reducción considerable de los costos, para su aplicación en hogares a mediano plazo, se proyecta que la energía eólica reducirá hasta en 50 % los gastos de energía, sustituyendo otras fuente de energía altamente contaminante como la energía térmica o degradadora del ambiente como la hidroeléctrica, o potencialmente peligrosa como la energía nuclear.

El aerogenerador sirve como vitrina para concientizar a los futuros profesionales en el área de la ingeniería sobre la importancia de las fuentes alternativas de energía para lograr un desarrollo económico sostenible con el mejoramiento de la calidad de vida en términos de salud de las generaciones futuras.

CONCLUSIONES

El uso del aerogenerador, permitió una autonomía de 4 días en el suministro de energía en un área de vigilancia y control

de la ESPE, en este tiempo los equipos eléctricos y el banco de almacenamiento de energía funcionaron de manera adecuada, lo que garantiza el uso confiable del sistema alternativo de energía eólica ante cualquier contingencia.

El uso de la turbina eólica bajo las condiciones climáticas del Ecuador con fines domésticos, no permite un ahorro sustancial de energía, por lo que se recomienda la construcción de sistemas eólico a mayor escala lo cual se traduce en un ahorro importante en términos económico y la reducción de la producción de CO₂, especialmente en las regiones de la Costa, Amazonia y la Sierra.

Los bajo costos de la energía eléctrica en el Ecuador impide la masificación de los sistemas de energía eólica, a pesar de las ventajas ambientales y el uso seguro de las mismas, así mismo la inversión para la implementación y mantenimiento de los sistemas eólicos, resulta costosa al compararla con los sistemas convencionales.

REFERENCIAS

Aseffe, M., Lesme Jaén, R., Oliva Ruiz, L.O., Martínez González, A., Lora, S., Eduardo, E. (2019). *Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento*

- energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (Zea mays) en la provincia de Los Ríos, Ecuador.* Tecnología Química, 39(3): 655-672.
- Cunha E.A, Siqueira J.A.C., Nogueira C.E.C., Diniz A.M. (2019). *Aspectos históricos da energia eólica no brasil e no mundo.* Revista Brasileira de Energias Renováveis, 8(4); 689-697. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v8i4.65759>
- Dai J., Yang, X., Wen L. (2018). *Development of wind power industry in China: A comprehensive assessment.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 97: 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.044>
- Dawn S., Tiwari, P.K., Goswami A.K. (2019). *An approach for long term economic operations of competitive power market by optimal combined scheduling of wind turbines and FACTS controllers.* Energy, 181: 709-723. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.002>
- De la Torre J., Rubio-Varas M. (2018). *Electricidad nuclear y procesos de aprendizaje: el papel de Westinghouse y de General Electric en la experiencia española (c. 1955-1973).* Revista de Historia Industrial. Economía y Empresa, 27(74): 107-136. <https://doi.org/10.1344/rhi.v27i74.19843>
- Gómez L.M.J., Prins N.M.A., López M.D.R. (2016). *Valoración de opción real en proyectos de generación de energía eólica en Colombia.* Revista ESPACIOS, 37 (26).
- Kheshti M., Ding L., Nayeripour M., Wang X., Terzija V. (2019). *Active power support of wind turbines for grid frequency events using a reliable power reference scheme.* Renewable energy, 139: 1241-1254. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.016>
- López C.A., Gago-Cortés, C., Longarela-Ares, Á. (2019). *Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico.* Revista Raites, 5(11):1-26.
- Marín A., Hernández E., Flores J. (2016). *Metodología para el análisis de datos cualitativos en investigaciones orientadas al aprovechamiento de fuentes renovables de energía.* Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 1(1): 60-75.
- Omer, A.M. (2018). *Renewable Energy Technologies for Future and Sustainable Development.* International Journal of IC Engines and Gas Turbines, 4(2): 11-29.
- Ortiz, F., Cáceres P. (2018). *Generación de Energía Eólica por la Empresa Blue Power & Energy SA.* Revista Senderos Universitarios, (03): 36-44.
- Palacios Á.G.P., Rodríguez S.A.I., Fuentes E.D.V., Quinto V.M.C., Párraga N.L.M., Gavilanes F.E.Z. (2019). *Producción de energía eólica en Ecuador.* Ciencia Digital, 3(3): 22-32. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>

- Pérez R., Osal W. (2019). *Gases de efecto invernadero por generación de electricidad en usuarios no residenciales de Venezuela 2006-2017*. Publicaciones en Ciencias y Tecnología, 13(1): 30-40. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.15.226.64965>
- Ren H., Ortega J., Casimis D.W. (2017). *Review Of Operating Reserves And Day-Ahead Unit Commitment Considering Variable Renewable Energies: International Experience*. IEEE Latin America Transactions, 15(11): 2126-2136. <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.8070418>
- Ruiz A., Mitre E.H. (2017). *Desarrollo de un sistema de gestión de eficiencia y ahorro energético para las instituciones del sector público*. Revista de Iniciación Científica, 3(1): 70-76.
- Sánchez-García D., Bienvenido-Huertas D., Tristancho M., Rubio-Bellido C. (2019). *Adaptive comfort control implemented model (ACCIM) for energy consumption predictions in dwellings under current and future climate conditions: A case study located Spain*. Energies, 12(8): 1498. <https://doi.org/10.3390/en12.081498>
- Sánchez-García D., Rubio-Bellido C., Marrero-Meléndez M., Guevara-García F.J., Canivell J. (2017). *El control adaptativo en instalaciones existentes y su potencial en el contexto del cambio climático*. Hábitat Sustentable, 7(2), 6-17. <https://doi.org/10.22320/0719070.0.2017.07.02.01>
- Segura Madrigal M.A., Andrade Castañeda H.J., Mojica Sánchez C.A. (2019). *Estructura, composición florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos del páramo de Anaime, Tolima, Colombia*. Ciência Florestal, 29(1): 157-168. <https://doi.org/10.5902/19805098.26551>
- Sigarchian S. G., Malmquist A., Martin V. (2018). *The choice of operating strategy for a complex polygeneration system: A case study for a residential building in Italy*. Energy Conversion and Management, 163: 278-291. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.02.066>
- Wang Y.H., Walter R.K., White C., Farr H., Ruttenberg B.I. (2019). *Assessment of surface wind datasets for estimating offshore wind energy along the Central California Coast*. Renewable energy, 133: 343-353. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.008>
- Okundamiya M.S., Ogujor E.A. (2017). *Power electronics technology: enabling large-scale injection of wind energy into the grid*. Advances in Energy Research, 27: 123-148.
- Elistratov V., Kudryasheva I. (2016). *Methodology for parameters selection and evaluation the effectiveness of decentralized energy supply systems based on renewable energy sources*. ARPN Journal of engineering and applied sciences, 11(5), 3509-3512.
- Wiser R., Jenni K., Seel J., Baker E., Hand M., Lantz E., Smith A.

(2016). Expert elicitation survey on future wind energy costs. *Nature Energy*, 1(10), 1-8. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.135>

Yousefi H., Roumi S., Tabasi S., Hamlehdar M. (2018). *Economic and air pollution effects of city council legislations on renewable energy utilisation in Tehran*. *International Journal of Ambient Energy*, 39(6), 626-631. <https://doi.org/10.1080/01430750.2017.1324819>

Ramírez, W.A.A. (2020). *Energías alternativas una vía para el desarrollo sustentable*. *Revista AMBIENTELLANIA*, 3(1): 1-10.