

## Análisis de la energía eólica como sustituto para la energía convencional en casas del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador

**Ayala Ricardo<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5214-4263>  
ricardo.ayala@udla.edu.ec  
Universidad de las Américas  
Quito - Ecuador

**Freire Juan<sup>2</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9344-5217>  
juan.freire.gallegos@udla.edu.ec  
Universidad de las Américas  
Quito - Ecuador

**López Juan<sup>3</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4004-6412>  
Juan.lopez.cox@udla.edu.ec  
Universidad de las Américas  
Quito - Ecuador

**Salazar Javier<sup>4</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3910-1357>  
javier.salazar@udla.edu.ec  
Universidad de las Américas  
Quito - Ecuador

Recibido (08/02/21), Aceptado (18/02/21)

**Resumen:** En este trabajo se plantea el análisis de la energía producida por turbinas de viento, que son dispositivos diseñados para el aprovechamiento de la velocidad del viento, y la energía cinética que esta causa cuando impacta en unos álabes dispuesto para este fin. El movimiento provocado es aprovechado para la obtención de energía. Este tipo de sistemas es altamente utilizado, ya que una turbina puede generar entre 5kW hasta 10KW. En este trabajo se analiza el diseño, construcción, y aplicaciones más significativas en la vida doméstica, para el aprovechamiento de energía limpia y la reducción de energías convencionales. Se toman en cuenta trabajos científicos relevantes que brindan un aporte significativo a esta temática de estudio.

**Palabra Claves:** Turbinas eólicas, energía, electricidad.

## Analysis of wind energy as a substitute for conventional energy in houses in the Metropolitan District of Quito, Ecuador

**Abstract:** In this work, the analysis of the energy produced by wind turbines, which are devices designed to take advantage of wind speed, and the kinetic energy that this causes when it impacts on blades arranged for this purpose is proposed. The movement caused is used to obtain energy. This type of system is highly used, since a turbine can generate between 5kW and 10KW. This work analyzes the design, construction, and most significant applications in domestic life, for the use of clean energy and the reduction of conventional energy. Relevant scientific works that provide a significant contribution to this study topic are taken into account.

**Keywords:** Wind turbines, energy, electricity.



## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años, la energía eólica e hidráulica han sido las únicas fuentes de origen no animal empleadas en la realización de trabajo mecánico. Hace 5000 años en el antiguo Egipto, se creó la primera forma de aprovechar la energía proveniente del viento la cual se aplicaba en la navegación para las embarcaciones a vela, posteriormente se empezó a usar en Babilonia en el siglo XVII mediante molinos de viento con el fin de regar cultivos y moler el grano [1].

Se ha encontrado que en los últimos años que la mayor fuente de energía eléctrica es proveniente del carbón con un 39,3% contribuyendo a la contaminación atmosférica dada las altas emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en el proceso. No muy lejos se encuentran otros tipos de fuentes de generación de energía como pueden ser la energía nuclear, el gas natural e hidroeléctrica. Por otro lado, con respecto a la generación de energías renovables se ha podido evidenciar que componen solamente el 7% de la demanda mundial, entre ellas la energía eólica, geotérmica y solar [2]. Es por esto que en la actualidad la energía eólica es la energía limpia que más crecimiento ha tenido, ya que está estrechamente ligada con múltiples beneficios al no contaminar el agua ni producir gases de efecto invernadero, causando un impacto ambiental sumamente bajo por lo que las energías renovables eólicas se encuentran bajo una creciente demanda [1].

Gracias a los avances tecnológicos en el campo eólico han permitido que la producción de este tipo de energía sea tan barata como la energía producida por el carbón o la nuclear, convirtiéndose en un factor clave para la transformación a un modelo energético sostenible y no perjudicial al medio ambiente. Con esto en mente los países han ido cambiando su producción de energía a una forma más sostenible y amigable en el tiempo. Entre los países que han incorporado este tipo de energía eólica se puede encontrar a potencias energéticas como EEUU que cuenta con una producción mundial del 23% significando una generación de 123 teravatio-hora, seguido por China con un 22,2% y luego Alemania, España, India, Reino Unido, Canadá y Brasil todas ellas con un 9,5%, 5,9%, 5,1%, 4,8%, 3,2% y 2,6% respectivamente [2].

En Quito se consumen 128,4 kW/h en promedio por hogar. Una turbina puede generar entre 5 y 10 kW dependiendo de la velocidad del viento, por lo que podría contribuir de manera importante a esta demanda de energía. Se debe tener en cuenta que una turbina de tan solo 1,5 kW podría cubrir las necesidades de una casa que consume aproximadamente 300 kWh mensual, con una velocidad de 14 millas por horas (6,26 m/s) de promedio anual [3]-[10].

Las partes básicas de un sistema eólico de electricidad son el rotor que es la parte de la turbina que captura la energía del viento, generador o alternador que es el encargado de convertir la energía cinética del rotor en electricidad, la cola que es la cual permite la estabilidad, torre que es la cual determina la altura donde estará y evita las turbulencias, el cableado que es donde se transporta la electricidad y por último los componentes del "sistema de balance" que serían los controladores, inversores y baterías [3].

Adicional a ello, los álabes o aspas de rotación, en lo que respecta al diseño o modelado es un proceso fundamental para el área de generación de electricidad con el viento, ya que, de su diseño depende la cantidad de energía que se podrá obtener del viento, es por esto que es importante realizar de manera minuciosa los cálculos para la creación de los álabes para así generar el torque adecuado para que la turbina pueda generar lo kW requeridos [4].

En el presente todas las energías convencionales están expuestas al precio del barril del petróleo, por ende, si el crudo tiene un precio alto los costos de la energía también se verán afectados y esto como consecuencia lleva a que los recursos como el gas y el carbón también impulsen una subida de precios, ya que estos recursos son los que más se utilizan para la creación de energía convencional. Debido a esto, los países están buscando otras fuentes de energía no convencionales para poder suplir la demanda de energía [5].

En el caso de Ecuador, también se puede mencionar que ha optado por sumarse a estas iniciativas de energías renovables no convencionales (ERNC), cada día la demanda de energía va aumentando no sólo por el aumento de la población, sino también por el incremento de las industrias dentro del país. También se ha encontrado que existe un gasto innecesario de energía como otro factor clave de la creciente demanda y por esto se buscan fuentes de energías amigables con el medio ambiente y que se las pueda aprovechar de manera continua [6].

Hoy en día en el país existen muchos proyectos de creación de energía eléctrica, pero el que más ha destacado, por sus particularidades, ha sido la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, que prometía una capacidad de producción de 1.500 MW y una durabilidad de 50 años, pero estas características no fueron alcanzadas, y actualmente es posible afirmar que la represa no está en su capacidad máxima y presenta importantes falencias

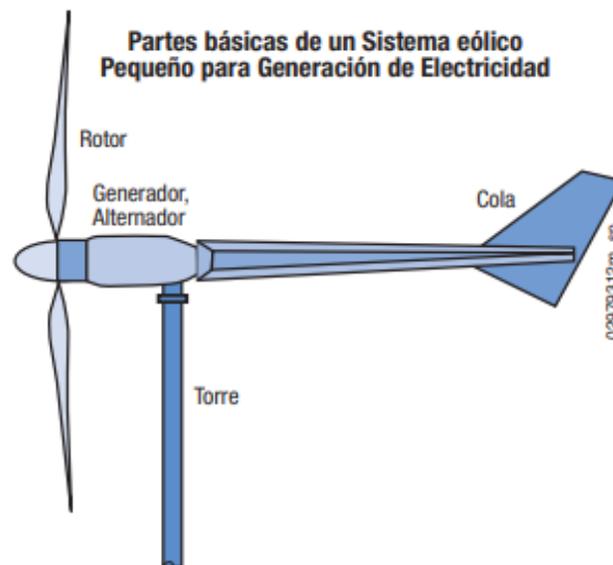
de diseño, operatividad, y producción [7]. Este tipo de resultados conducen a pensar que, en el Ecuador, resulta más factible la propuesta de desarrollo de menor envergadura, donde los posibles errores no tengan impactos tan relevantes en la sociedad [9].

Con estas consideraciones, en este trabajo se expone un análisis de las posibles ventajas y desventajas del uso de la energía eólica para las viviendas, que permitan reducir el consumo tradicional de energía y a su vez reducir el impacto ambiental.

El trabajo está compuesto por cuatro secciones; en la primera se ha dado a conocer una introducción del tema desarrollado, en la segunda se expondrán las fundamentaciones teóricas de las turbinas eólicas y los diseños más destacados en la comunidad científica, en la tercera sección se describe la metodología, y finalmente se exponen los resultados y las conclusiones.

## II. DESARROLLO

La turbina eólica está compuesta por dos o tres alabes cuya composición generalmente es de fibra de vidrio y son de eje horizontal y son denominadas “corriente viento arriba”. El diámetro del rotor es el que determinará la cantidad de energía eléctrica que se puede generar con una turbina que a su vez se ve definido por la turbina y la capacidad de viento que es capaz de interceptar. Finalmente, tanto la cola, el generador y el rotor se encuentran acoplados en la coraza de la turbina, ya que la cola es la encargada de ayudar a la turbina para que esta se encuentre siempre frente al viento [3].



**Fig 1. Generación de Electricidad**

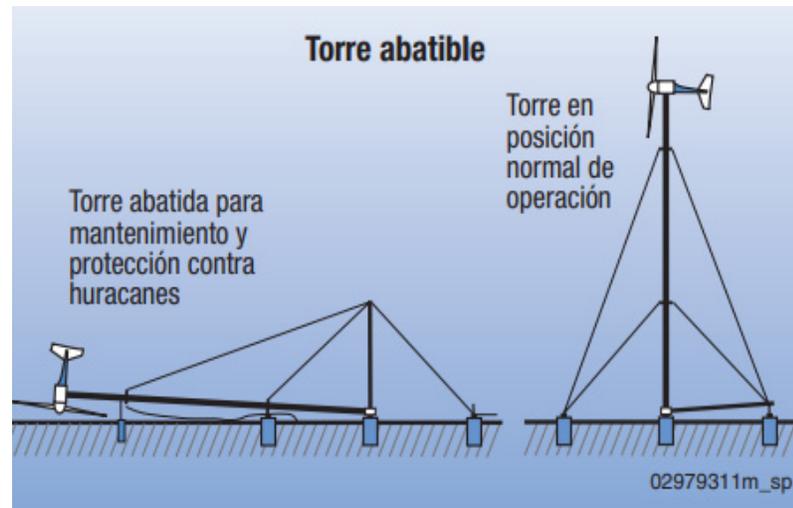
Fuente: [11]

Por otro lado, para la torre se debe tomar en consideración la altura al momento de montar el sistema, ya que por lo general a mayor altura se produce una mayor cantidad de energía y por esto la turbina debe ser montada en una torre. De igual manera la torre ayuda a impedir aquellas turbulencias que pueden ocurrir al nivel del suelo debido a ciertas interrupciones producidas por construcciones, árboles y colinas. Es recomendable que la turbina en una torre sea instalada a 9 metros de cualquier obstáculo ubicado a 90 metros de la torre [3].

Se detallan dos tipos de torres que tienen una mayor aplicación en usos residenciales las cuales son: autoportantes y retenidas. Ambas torres son económicas y se construyen en secciones tubulares o estructurales de acuerdo a los soportes y el diseño para los cables de retención, aun así, el radio adecuado para sostener dichos cables debe ser de al menos o la mitad de la altura de la torre por lo que es necesario contar con suficiente espacio para poder fijarlos [3].

Otra alternativa que se presenta al momento de construir las turbinas eólicas son las torres abatibles, técnicamente son iguales a las torres anteriormente nombradas, pero en este caso la torre es posible llevar hasta el

suelo para el mantenimiento de los rotores, generador y cola, o también para salvaguardar el equipo en caso de huracanes. En este artículo no se contemplará el uso de torres abatibles debido a que será de uso residencial la propuesta y por ende no contará con el espacio suficiente para poder abatir las torres y otro punto es el alto costo de estas [3].



**Fig 2. Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad**

Fuente: [11]

Dentro de Ecuador existen proyectos que han buscado usar energía renovable en este caso la eólica pero a gran escala como son los proyectos en la Isla de San Cristóbal [6] cuyo objetivo fue generar el 70% de energía y reducir el uso del diésel, otro proyecto es el Villonaco en Loja [6] con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes, también está el proyecto de Membrillo igualmente en Loja [6] con el fin de contribuir al uso y desarrollo de energías renovables preservando las áreas protegidas y por último el proyecto de Huascachaca en Azuay [6] que fue para fomentar más proyectos de este índole. Tomando como ejemplo el proyecto de la isla San Cristóbal donde se utilizó un sistema eólico-diésel con un costo aproximado de 9,8 millones de dólares con tres aerogeneradores de 50 metros de altura y con aspas de 59 metros para producir un total de 2,4 MW [6]. Tomando en cuenta estos antecedentes este artículo pretende encontrar la manera de generar energía eólica de manera accesible para así proveer de energía a un conjunto de casas, oficinas, entre otros, con el máximo aprovechamiento de los recursos y cuidando el medio ambiente.

### III.METODOLOGÍA

El trabajo se realizó de forma cualitativa debido a que este método permite interpretar y evaluar información que se ha obtenido mediante tesis, artículos de revistas y artículos de noticias con el fin de indagar de manera más profunda en el tema a tratar.

Algunos trabajos evalúan los principales aspectos para la creación de un aerogenerador y como se utilizó la energía del aire desde la antigüedad [1]. Otros autores tenían el objetivo de conocer los países que más ocupan energía eólica en sus sistemas de producción de energía [2]. Importantes publicaciones han sido empleadas con el fin de conocer todos los elementos que componen un sistema eólico de generación de electricidad [3]. Otros autores han valorado la importancia del diseño del álabes para el aprovechamiento de las corrientes de aire [4]. Otras investigaciones han mostrado el contexto internacional sobre las energías convencionales y no convencionales [5], que han servido de soporte para importantes estudios en el Ecuador [6]. Algunas propuestas de energía no fueron tan eficientes y arrojaron importantes pérdidas económicas, entre las que se puede mencionar la Coca Codo Sinclair [7], [9].

En la figura 3 se describe el proceso de instalación básica para el uso de una turbina eólica residencial que cumpla con las características de espacio y condiciones favorables para la turbina, también se debe tomar en cuenta

que el cableado sea acorde a las leyes vigentes del país, después que se hayan cumplido los requisitos anteriores se procederá a instalar la turbina eólica para luego una vez montada esta se debe decidir si tendrá un sistema de almacenamiento mediante baterías con un costo más elevado, o si irá directo a la red [8]. En el informe presentado por el Instituto nacional de estadística y censos se utilizó con el fin de saber la energía eléctrica que se consume en los hogares ecuatorianos [10], [11], [12].

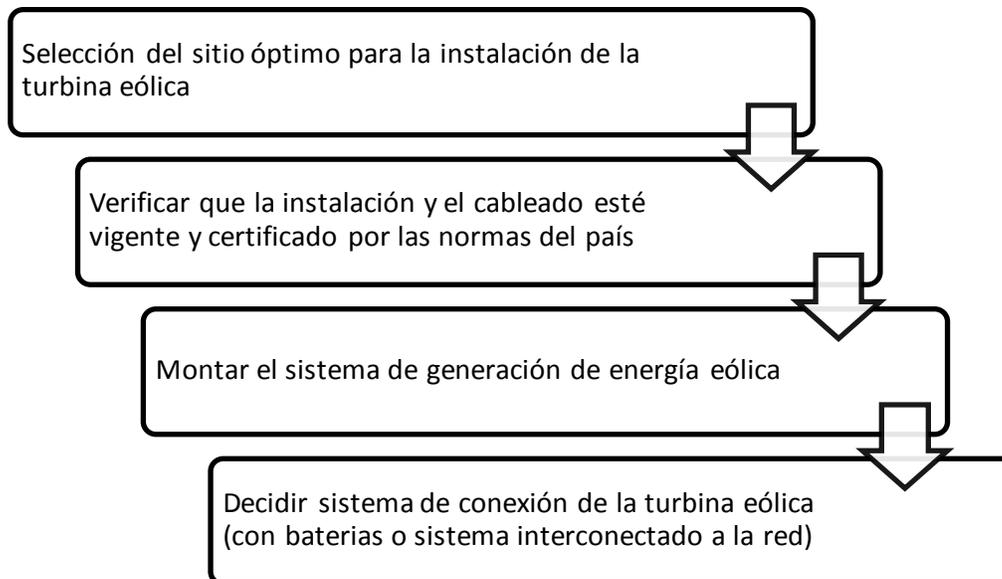


Fig 3. Proceso de instalación de una turbina eólica en el hogar.

#### IV. RESULTADOS

1. Para la implementación de un sistema eólico se debe considerar la obstrucción del viento que causa un árbol o una casa para el funcionamiento efectivo del mismo, por lo que las características de cada torre dependerán de la zona y los obstáculos presentes. En la figura 4 [3] se observa que la distancia que se debe tener en consideración es la altura ( $H$ ) de la casa o del árbol más grande que se encuentre en el sector de la construcción, el inicio de la corriente de aire debe estar a una distancia de  $2H$ , con esto se debe tener en cuenta que las torres deben estar a un rango de  $20H$  respecto al objeto medido y con una altura de  $2H$  para la turbina para que esta no tenga turbulencias y pueda aprovechar el máximo la corriente de aire.

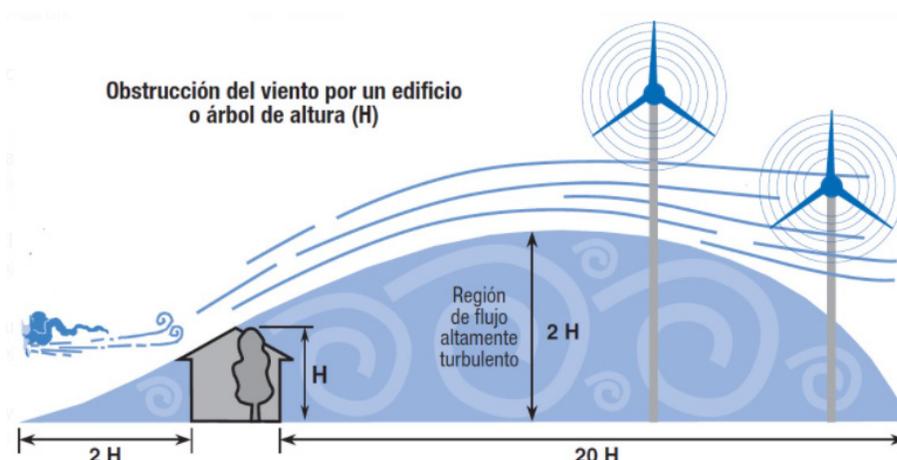


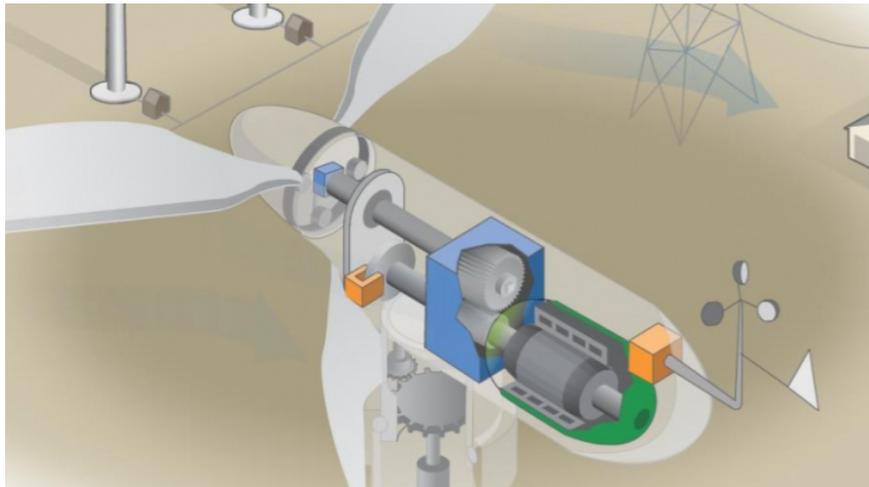
Fig 4. Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad

Fuente: [11]

2. Entre los materiales óptimos para la construcción de los álabes consiste en la mezcla de carbono y fibra de vidrio esto debido a su baja corrosión, es un material ligero, su alta resistencia a los químicos y su fácil reparación en caso de un desperfecto.

3. En algunos países la polución se ha vuelto un problema cada vez más crítico, sobre todo en países con sobrepoblación donde dichos niveles llegan a superar en demasía los límites aconsejables, por ende, la implementación de energía renovable y limpia permitirá que estos niveles se reduzcan y generará conciencia en el cuidado y preservación del medio ambiente, ya que si no las consecuencias serán aún más graves y notorias para el mundo.

4. En la figura 5 [11] se puede observar la composición interna que permite la generación de energía de una turbina eólica. El principio básico por el cual funciona es que los alabes van girando en función al viento permitiendo captar la energía cinética del mismo haciendo que gire el rotor, el generador recoge la energía cinética y la transforma en eléctrica, el anemómetro es usado para medir la velocidad del viento y la veleta su dirección; y finalmente con la ayuda de un transformador la energía es convertida a un voltaje superior para ser enviada a la red eléctrica o las baterías de almacenaje [12].



**Fig 5. Funcionamiento de turbinas eólicas.**

Fuente: [12]

## REFERENCIAS

- [1] I. Montalvo y J. Cabezas, «Diseño de Prototipo de Aerogenerador con almacenamiento de energía, monitoreado por un sistema SCADA,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2011.
- [2] E. B, «¿Qué países son los mayores productores de energía eólica?,» elBoletín, p. 1, 12 octubre 2017.
- [3] Departamento de Energía de EE.UU, «Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad,» 2007.
- [4] K. Molina, D. Ortega, M. Martínez, W. Pinto-Hernández y O. A. E. González, «Modelado de la interacción fluido estructura (FSI) para el diseño de una turbina eólica HAWT,» 2018.
- [5] H. Rudnick Van de Wyngard, «Evolución de Costos ERNC,» Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2012.
- [6] D. A. Maldonado Rivera y D. X. De Jerónimo Toromoreno, «Ubicación de un Parque de Energía Eólica en la Costa Ecuatoriana,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2008.
- [7] B. Miranda, «Coca Codo Sinclair: los problemas de la multimillonaria represa que China construyó en Ecuador,» BBC NEWS, 25 febrero 2019.
- [8] L. G. Carrasco Sanzana y M. A. Mardones Sepúlveda, «Estudio de instalación de un Aerogenerador en el Colegio Concepción Pedro de Valdivia,» Universidad del Bío-Bío, Concepción, 2015.
- [9] A. F. Ugalde Vázquez, «Prohibido Olvidar,» El Mercurio, Cuenca, 2021.
- [10] Instituto nacional de estadística y censos, «Información ambiental en hogares,» Ecuador, 2012.
- [11] Sector Electricidad, «¿Cómo funcionan las turbinas eólicas?,» Sector Electricidad, 2017.
- [12] Popular Mechanics, «¿Cómo funcionan los aerogeneradores?,» World Energy Trade, 2019.

## RESUMEN CURRICULAR



**Ricardo Ayala**, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas, cursando el 7mo semestre. Experiencia en áreas de procesos y proyectos



**Juan Martin Freire**, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas, cursando el 7mo semestre. Experiencia en seguridad industrial y procesos.



**Juan Pablo López**, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas, cursando el 7mo semestre



**Javier Salazar**, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas, cursando el 7mo semestre