

## Módulo didáctico para un sistema de generación eléctrica a través de energía eólica como fuente de energía renovable.

### Didactic module for electrical generation system through wind energy as a source of removable energy

Eduardo Javier Tibanquiza Chunchu<sup>1</sup>, Jairo Javier Chicaiza Flores<sup>2</sup>, María Belén Valenzuela Pallasco<sup>2</sup>, Alex Darwin Paredes Anchatipán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo de correspondencia: etibanquiza0202@uta.edu.ec, jairo.chicaiza4229@utc.edu.ec, maria.valenzuela6@utc.edu.ec, alex.paredes4935@utc.edu.ec

#### Información del Resumen artículo

**Tipo de artículo:**  
Artículo original

**Recibido:**  
14/7/2021

**Aceptado:**  
17/10/2021

**Publicado:**  
17/11/2021

**Revista:**  
DATEH



Ecuador es un país que cuenta con varias energías limpias como: la hidráulica, fotovoltaica, eólica y biomasa para la producción de electricidad, pero en la actualidad el que lidera es la hidroeléctrica para la provisión a nivel nacional, este método de producir electricidad es el más común y mayormente utilizado en todo el territorio ecuatoriano. Al poder realizar un análisis del crecimiento de la población y el asentamiento de extranjeros en las zonas rurales, los cuales están alejados del Sistema Nacional Interconectado (SNI), ente encargado de distribuir y comercializar la energía eléctrica a todo el país, se puede decir que este servicio no suele llegar a cubrir todos estos sectores. Esto nos lleva a investigar y diseñar nuevas alternativas para la generación de electricidad, promoviendo de esta manera la mejora de las energías renovables o energías limpias para la producción de electricidad, un claro ejemplo de los recursos naturales que posee el Ecuador para la generación eléctrica es la energía eólica, que podemos observar en el parque eólico Villonaco. Esta iniciativa no ha sido investigada ni estudiada en su totalidad debido al factor económico que obstaculizan la implantación de estos sistemas. En el presente proyecto de investigación se propone el uso de esta energía renovable o energía limpia para el uso de un banco de pruebas que será de ayuda para el aprendizaje en esta área, para la elaboración de un alcance demostrativo del proyecto previamente se realizó estudios e investigaciones de campo acerca de la conducta del viento y los materiales a utilizar en el lugar a implementar el mini sistema dando como resultado el correcto dimensionamiento de los componentes que forman el mini aerogenerador, su rendimiento así como también el módulo de pruebas para del mini sistema.

**Palabras clave:** energías limpias, mini aerogenerador, eólico, energías renovables.

#### Abstract

Ecuador is a country that has several clean energies such as hydro, photovoltaic, wind, and biomass for the production of electricity. Currently, the hydroelectric heads for the provision at a national level, this method of producing electricity is the most common and used throughout the Ecuadorian territory. An analysis of population growth and the settlement of foreigners in rural areas are far from the National Interconnected System (SNI) entity responsible for distributing and marketing electricity to the whole country. It indicates that this service does not usually reach to cover all these sectors. It helps us to investigate and design new alternatives for the generation of electricity, thus promoting the improvement of renewable energies or clean energies for the production of electricity, a clear example of the natural resources that Ecuador has for electricity generation is the wind energy that we can observe in the Villonaco wind farm. This initiative could not be investigated or studied due to the economic factor that obstructs the implementation of these systems in this research, we propose the use of this renewable energy or clean energy for the use of a test bench that will help learners in this area, for the development of a demonstrative scope of the project we previously conducted studies and field research on the wind behavior and materials to be used in the place to implement the mini system resulting in the correct sizing of the components that make up the mini wind turbine, its performance as well as the test module for the mini system.

**Keywords:** clean energies, mini wind turbine, wind power, renewable energies.

**Forma sugerida de citar (APA):** López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que cuenta con varias energías limpias como: la hidráulica, fotovoltaica, eólica y biomasa para la producción de electricidad, pero en la actualidad, la que lidera es la hidroeléctrica para la provisión a nivel nacional, este método de producir electricidad es el más común y al realizar un análisis del crecimiento de la población y el asentamiento en las zonas rurales, las cuales se encuentran alejadas del Sistema Nacional Interconectado (SNI), ente encargado de distribuir y comercializar la energía eléctrica a todo el país, se evidencia la falta de cobertura a todos estos sectores, es imperativo investigar y diseñar nuevas alternativas para la generación de electricidad, promoviendo el uso de las energías renovables o energías limpias para la producción de electricidad; un claro modelo de los recursos naturales que posee el Ecuador para la generación eléctrica es la energía eólica. Es por ello, que se presenta la propuesta tecnológica definida como la implementación de un mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica como fuente de energía renovable, el cual tendrá como principal objetivo el aprendizaje teórico-práctico por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales y suministro que se requiere para la implementación del mini sistema eólico son: turbina eólica, rectificador, inversor, banco de baterías, tubos, equipos de protección (breakers), cables, toma corriente.

El funcionamiento de un aerogenerador empieza cuando este convierte la energía cinética del viento por medio del rotor y las aspas, para luego transformar esta energía cinética en energía eléctrica, la suma de energía transportada al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor, y de la rapidez del viento. Para derivar la fórmula conveniente: Considere la figura 6 sucesiva en que una cierta aglomeración llamada masa  $m$  de aire cruza las palas de rotor en un tiempo.

### Construcción de la estructura metálica

Para la realización de la estructura se utilizará un tubo perfilado de hierro galvanizado de 20 mm x 20 mm de espesor, se lo construirá de forma robusta para equilibrar el peso de los componentes que estarán en la plancha de madera tipo MDF de 20 mm de ancho. La estructura de MDF estará sujeta con tornillos al tubo perfilado de tal manera que se hará las respectivas perforaciones en el MDF para la impregnación de los componentes.

### Montaje del vinil en la plancha de MDF

El proceso de fijación de vinil en el MDF, se empieza por mantener limpio el sitio de trabajo, libre de residuos

evitando deformaciones, para la respectiva aplicación del vinil se realizará en húmedo que es el método recomendado para la impregnación del adhesivo en grandes superficies esparciendo agua con jabón. Luego con una espátula se excluirá las burbujas de agua quedando liso el vinil.

### Conexión y cableado interno de los equipos y elementos

Las conexiones y derivaciones de conductores se realizarán por medio de borneras y en las uniones se soldará para una conductividad eléctrica estable y segura. Se utilizará conectores banana hembra para conectar los equipos y elementos para su respectivo funcionamiento.

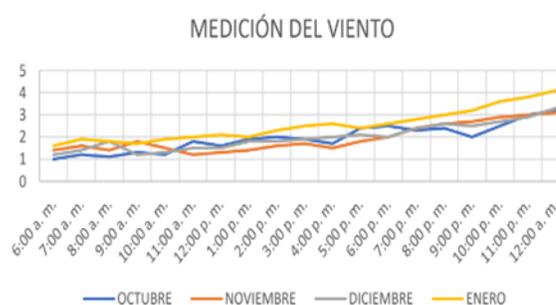


Figura 1. Medición del flujo mensual del viento

## ANÁLISIS DEL FLUJO DEL VIENTO SOBRE LAS HÉLICES

Con los datos obtenidos del flujo del viento (ver figura 1) en el sitio a instalar el aerogenerador, se procede a introducir los mismo en un software de simulación para analizar los efectos en las hélices del generador, como se puede observar en la figura 2, lo cual nos permite visualizar el desplazamiento de la velocidad del viento en cada una de las 6 hélices, provocando así una rotura de la inercia y consecutivamente la transformación de la energía cinética en energía mecánica, a la vez se puede observar que el viento una vez que realiza el trabajo de generar el movimiento a las hélices, tiende a salir del área del barrido por todos los lados adyacentes, formando así un mínimo remolino entre sí para luego desplazarse nuevamente al ambiente, mientras que ese porcentaje mínimo que no ingresó al área de giro continuo sigue su camino de manera normal. Se puede observar el comportamiento del viento sobre el área del giro de las hélices, la dirección adecuada para generar el movimiento entre las 6 aspas o hélices y consiguiente a ello su dirección de disipación hacia el ambiente.

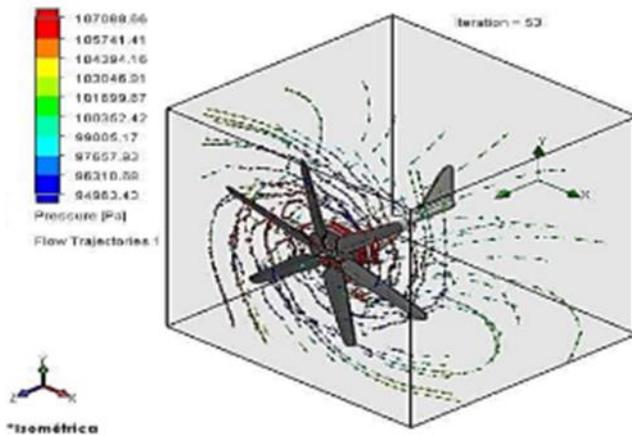


Figura 2. Análisis del flujo del viento sobre las hélices

A continuación, se presenta la tabla 1 las propiedades volumétricas estáticas de las hélices referente a la velocidad del viento del mini sistema de generación eólica, el cual gira 360°, lo que permite aprovechar al máximo el flujo del viento, ilustrado en la figura 3.

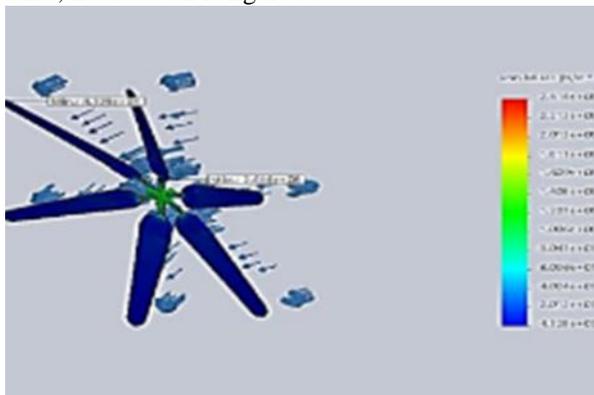


Figura 3. Análisis Estático- Tensiones

NOMBRE	TIPO	Mínimo	Máximo
Tensiones 1	Von: Tensión de von Mises	4.328e+03 N/m2 Nodo: 9549	2.414e+08 N/m2 Nodo: 7258

Tabla 1. Análisis Estático- Tensiones.

### Diseño experimental.

#### Diagrama de bloque del funcionamiento del mini aerogenerador

De acuerdo al diagrama de bloques mostrado en la figura 4, el módulo posee las siguientes etapas: el aerogenerador como fuente de energía eléctrica en corriente alterna trifásica, el convertidor de AC a DC para su posterior acumulación, un banco de baterías como elemento almacenador, un inversor DC a AC que permitirá utilizar la energía almacenada como si de una toma de la red eléctrica se tratase, y finalmente un tomacorriente para conectar la carga.

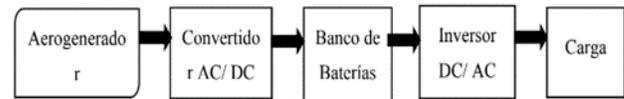


Figura 4. Diagrama de bloques del sistema

### Diseño del módulo

Se realizó el diseño en un software CAD (Computer Aided Design) con las siguientes medidas que son de (80 cm de largo x 24,4 cm de ancho) que es la medida de la plancha MDF, se trabajó para que tenga simetría cada componente de medición y realizar las respectivas conexiones de pruebas, lo cual se podrá ver en el diseño que estará impregnado en el tablero (figura 5). Se escogió el cable color rojo para la fase (AC) y positivo (CC), y el cable color negro para el neutro (AC) y negativo (CC), además se utilizará el cable color negro para la salida de la corriente trifásica del mini aerogenerador.

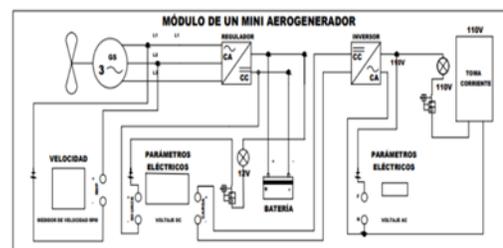


Figura 5. Esquema del aerogenerador

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se exteriorizará todos los resultados obtenidos de los componentes, herramientas y software a utilizar en el sistema de generación de energía eólica (aerogenerador), el cual tendrá en cuenta los parámetros y puntos críticos, en este caso si es necesario en el diseño. de la torre la ejecución de cálculos afines que estén realmente correlacionados con los datos obtenidos, mientras que los resultados serán de gran utilidad para poder determinar los elementos o partes del sistema de generación eólica con el fin de obtener resultados correctos y precisos gracias a un banco que asegura su funcionamiento de forma segura. Mediante muestras de pruebas de viento con un medidor de flujo, como el anemómetro, se ejecutó durante 4 meses, desde el mes de octubre 25, noviembre, diciembre hasta enero 31, tomando datos cada hora desde las 6 am hasta las 12 am con 18h diarias por 99 días con un total de 1881 muestras, de las cuales se evidenció que en el mes de noviembre se registra mayor flujo de viento en la zona, en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, lo que permitió conocer las especificaciones ideales para el diseño del aerogenerador.

## CONCLUSIONES

Mediante la adquisición de datos obtenidos con el anemómetro, se obtuvo un nivel promedio de viento como mínimo es de 2.4 m/s y como máximo llega a 4.2 m/s durante un tiempo de 4 meses, los mismos que mediante el análisis se estableció como valores aceptables para la generación eléctrica.

Se concluye que en base a la simulación realizada en SolidWorks se pudo establecer la característica de la torre para una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, misma que es apta para captar la energía del viento, ya que no interfiere con estructuras aledañas en el área de implementación. Mediante los cálculos realizados se pudo obtener el número de hélices correctas como 6 para la implementación del mini sistema de generación eléctrica, en base a la simulación en SolidWorks se estableció la fuerza del viento en las hélices como adecuada para la generación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Roddy. 2017. «Banco De Pruebas Didáctico Para Sistema De Energía Eólico». Trabajo De Graduación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero Electrónico, Universidad Del Azuay, Cuenca.

Alvear Mario. 2012. «Diseño De Un Generador Eólico Tipo Savonius De Uso Doméstico De 200 W.» Tesis Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Salesiana Facultad De Ingeniería, Quito.

Barragán. 2014. «Generación Eólica En Ecuador: Análisis Del Entorno Y Perspectivas De Desarrollo». 2014, enero 31, 58-66.

Calvopiña Juan. 2016. ««Análisis Del Potencial Eólico Y Solar Para La Implementación De Un Sistema Híbrido De Generación Eléctrica De Carga Unifamiliar De 800w En La Comunidad De Uñacallo - Pansache Provincia De Cotopaxi En El Periodo 2016»».

Clavería Gabriel. 2016. ««Diseño, Construcción Y Prueba De Funcionamiento De Un Sistema De Ensayos De Turbinas Eólicas De Baja Potencia»». Trabajo De Titulación Para Optar Al Título De: Ingeniero Civil Mecánico, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso-Chile.

Cortés Simón. 2017. «Energías Renovables En Colombia: Una Aproximación Desde La Economía». 2017, diciembre, 389.

Duchi Victor. 2015. «Diseño E Implementación De Un Sistema De Aero Generación De Flujo Turbulento Para La Obtención De Energía Eléctrica Para Una Vivienda En El Sector De Pasachi, El Morro, Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, Periodo Académico 2014-2015». Tesis De Grado Previa Obtención Del Título De: Ingeniero

Electromecánico, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.

Endara Luis. 2011. ««Construcción De Un Generador Eólico De Bajas Revoluciones Por Minuto Para Una Vivienda Rural, Ubicada En El Sector De Pansachí El Morro Perteneciente A La Parroquia Mulaló Del Cantón Latacunga Provincia De Cotopaxi»». Tesis De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero Electromecánico., Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.

Espitia Carolina. 2014. «Diseño Y Construcción De Un Mini Aerogenerador De Eje Vertical». Programa De Ingeniería En Mecatrónica, Universidad Militar Nueva Granada, Bogota D.C.

García Octavio. 2017. Aplicaciones Térmicas De La Energía Solar En Los Sectores Residencial, Servicios E Industrial. México: Biblioteca Nacional De México.

Mayorga Alex. 2015. «Caracterización De Pequeños Sistemas Conversores De Energía Eólica Pertinentes Para Provisión De Electricidad En La Parroquia García Moreno, Provincia De Tungurahua, Año 2013. Diseño De Un Aerogenerador De Baja Potencia Para Producción Nacional.» Programa De Maestría En Gestión De Energías, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.

Merino Luis. 2007. Energías Renovables. Vol. 1. España: Iberdrola. Montalvo Iván, Cabezas José. 2011. «Diseño De Prototipo De Aerogenerador Con Almacenamiento De Energía Monitoreado Por Un Sistema Scada». Universidad San Francisco De Quito, Quito.

Muños Marlon. 2013. ««Diseño E Implementación De Un Sistema De Generación Eléctrica Con Un Aerogenerador Para La Vivienda Rural Sostenible De Interés Social Del Acirnnr.»» Universidad Nacional De Loja, Loja.

Orozco Juan. 2013. «Soportes Para Pequeños Aerogeneradores: Método De Selección». 2013, 10.

Sánchez Juan. 2015. «Diseño De Un Banco De Pruebas Para El Estudio De Generadores Eólicos». En Opción Al Grado De Maestría En Ingeniería Aeronáutica Con Orientación En Dinámica De Vuelo, Universidad Autónoma De Nuevo León Facultad De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, San Nicolás De Los Garza, Nuevo León,.

Sandoya Unamuno Adrian David, Chica Martinez Leonel, Ordoñez Raul Gustavo, Y Arias Zambrano Lorena Jenny. 2018. «Nec Norma Ecuatoriana De Construcción (Instalaciones Eléctricas)».