

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONTINUA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WIND GENERATOR OF CONTINUOUS ELECTRICAL POWER

Hernando González Sierra*
 Justo P. Valcárcel Montañez**
 Alejandra Sánchez Torres***

Resumen

El grupo de Física Teórica y su Línea de Investigación en Energías Alternativas, de la Universidad Surcolombiana, ofrece a toda la comunidad, los resultados del trabajo relacionado con el diseño y construcción de un aerogenerador de corriente continua, como una estrategia para minimizar el consumo de combustibles fósiles y contribuir al suministro de energía útil en áreas remotas al acceso de otras fuentes de energía.

El desarrollo del prototipo de turbina eólica constituye una experiencia de investigación formativa, que tuvo lugar en el programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Facultad de Educación.

Palabras clave: prototipo, generación de energía, transformaciones de energía, movimiento rotacional.

Abstract

The Theoretical Physics Group and its research line in Alternative Energies (Universidad Surcolombiana), offers to the whole community, the results of its work related with the design and construction of a direct current wind turbine, as a strategy to minimize the consumption of fossil fuels and to provide useful energy in remote areas, that do not have access to other sources of electrical energy.

The development of this prototype is a formative research experience, which took place in the Bachelor's program in Basic Education with Emphasis on Natural Sciences and Environmental Education, of the School of Education.

Key words: prototype, power generation, energy transformation, rotational movement.

1. Introducción

La producción, distribución y forma de empleo de energías alternativas y renovables, como fuentes sustitutivas de las energías derivadas del petróleo y del

carbón, proporcionan no solo una elección para ir avanzando en el cuidado y buen mantenimiento del medio ambiente, sino que permiten disminuir la crisis de tipo económico y social, generada por el agotamiento de las reservas mundiales de las energías no renovables. El

Artículo recibido: 22/02/2011 Aprobado: 01/04/2011

* Doctor en Física. Profesor Titular Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Surcolombiana. Correo electrónico: hergosi@usco.edu.co

* Doctor en Ciencias Químicas. Profesor Titular Facultad de Educación, Universidad Surcolombiana. Correo electrónico: jupaval@usco.edu.co

*** Licenciada en Ciencias Naturales y Educación ambiental. Correo electrónico: alejita271184@hotmail.com

proceso de sensibilización social para hacer uso de energías limpias y renovables debe iniciarse desde la escuela y desde los mismos núcleos familiares, ya que estas transformaciones de beneficio social forman parte de la cultura y riqueza de los pueblos.

Consecuentes con el compromiso social, con nuestra comunidad y con futuras generaciones, se ha decidido colocar una diminuta contribución en esta reelaboración de un futuro más promisorio, libre de la contaminación que produce el inadecuado uso de las fuentes actuales de energía. Para los efectos anteriores se presenta a la comunidad académica de la Universidad Surcolombiana, este estudio denominado "Diseño y elaboración de un prototipo de generador solar de corriente continua".

Gran parte del trabajo está debidamente sustentado en principios físicos como el Principio de Bernoulli, las leyes del electromagnetismo y el principio de conservación de la energía.

Un punto de contacto importante, lo representa el hecho de que a nivel profesional estos desarrollos repercutan y tengan continuidad en el ejercicio docente; por ejemplo, como un esfuerzo adicional de hacer llegar los logros de la academia al entorno sea próximo o lejano.

El presente trabajo forma parte de un grupo de reflexiones académicas contempladas en el proyecto de investigación denominado "Desarrollo de tecnologías en aprovechamiento de Energías Alternativas (energía solar)", proyecto avalado por la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social de la Universidad Surcolombiana, tomando como elementos de conexión práctica los trabajos relacionados para la reconstrucción de diversos dispositivos fotoeléctricos y fotovoltaicos, elaborados por estudiantes y docentes-investigadores, los cuales ilustran de manera adecuada su funcionamiento, permitiendo la continuidad y normal desarrollo, de la línea de investigación en energías alternativas¹.

Con los diferentes prototipos diseñados y construidos hasta el momento, el grupo de investigación en Física Teórica, propicia la capacitación de estudiantes de la Universidad Surcolombiana, a través de estudios especializados y promueve estos esfuerzos de investigación formativa, para que sus egresados se relacionen con el medio externo y logren niveles de bienestar social para estar a la vanguardia en un mundo cada vez más competitivo.

El propósito de este trabajo de estudio se fundamentó en el diseño de un prototipo de sistema generador de energía eólica, contribuyendo al estudio promisorio de esta forma de energía renovable. Es conocido que el uso de la energía eólica ha ido en crecimiento en nuestro país, debido principalmente a que se tienen valores adecuados en la velocidad de circulación de los vientos. A nivel nacional, la región de la Guajira ofrece un panorama fértil para explorar esa potencialidad de la existencia de corrientes eólicas de excelentes velocidades de circulación de vientos; sin embargo, la región surcolombiana tiene puntos estratégicos en donde los vientos alcanzan velocidades suficientes para explorar esas fortalezas de conversión de energía eólica en energía eléctrica².

El presente desarrollo constituye una aproximación al estudio de las energías alternativas, siendo una buena opción para suplir a las fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

Colombia, como un país en vía de desarrollo, debe aprovechar las energías alternativas en forma práctica; si bien el país dispone de buenas fuentes para la generación de energía, como es el caso de las hidroeléctricas; también puede tener en cuenta su impacto sobre el medio ambiente y sobre las poblaciones cercanas a este.

En algunos casos las fuentes de energía actuales tienen efectos positivos, pero es una realidad que dichas fuentes no son eternas³; en consecuencia, es prioridad del gobierno avalar el buen aprovechamiento de las energías alternativas, para bien de la sociedad y su entorno, con una naturaleza sostenible, con cobertura total, y sobre todo de acuerdo con la nueva visión global de un mundo limpio y libre de emisiones nocivas⁴.

La carencia de energía eléctrica en las zonas "desprotegidas" de este beneficio, en el Huila o su poca eficacia en otros lugares del departamento, nos muestra que esta energía es vital para nuestro desarrollo; y lo que se pretende es aportar una pequeña, pero significativa solución a este problema utilizando un recurso renovable como lo es la energía eólica.

2. Metodología

Se dispuso del siguiente procedimiento para llevar a cabo este estudio :

- a. Búsqueda y recolección de material bibliográfico sobre las energías alternativas y específicamente en energía eólica. Se hizo una indagación sobre investigaciones de creaciones en torno a diseños de dispositivos eólicos, captación de la energía eólica y su transformación. Se accedió a información disponible en la red, en las universidades del país y del exterior, donde existen grupos especializados de investigación en esta área.
- b. Revisión de los principios físicos involucrados en el diseño, construcción y puesta en funcionamiento del prototipo de aerogenerador.
- c. Elaboración de hipótesis acerca del diseño.

En la segunda fase se organizó la información recolectada para tener posibles materiales con los que se construirá el aerogenerador; y seguidamente se seleccionó el material para plantear posibles hipótesis sobre el modelo más satisfactorio de prototipo.

Una vez diseñado el modelo de aerogenerador, se procedió a la construcción y prueba del dispositivo; con sus respectivas características del entorno en donde se experimentó.

3. Materiales, diseños y construcción del prototipo

3.1 Materiales: Siguiendo la línea de patentes de energías renovables, los últimos avances tecnológicos en aerogeneradores han ido mejorando sus eficiencias y disminuyendo su precio.

El generador eléctrico es una máquina que transforma la energía mecánica, en eléctrica. Los aerogeneradores se pueden clasificar de muchas maneras; sin embargo en la elaboración del prototipo se adaptaron materiales de fácil consecución y de una óptima resistencia. Los materiales usados fueron:

- 1 Platina de hierro de 30 cm de largo, 24 cm ancho y 1.2 cm de grosor.
- 1 Tubo galvanizado de 10 cm de largo, 2.3 cm de radio, 0.2 cm de grosor.
- 1 Tubo galvanizado de 98 cm de largo, 1.8 cm de radio, 0.2 cm de grosor.
- 1 Tubo galvanizado de 108 cm de largo, 1.5 cm de radio, 0.2 cm de grosor.

- 1 Tubo de PVC de 3" con 41.5 de largo.
- 1 Tubo de PVC de 6" con 50 cm de largo.
- 1 Juego de copas de bicicleta con balinera.
- 1 Plataforma metálica de radio 7 cm, grosor de 0.1 cm.
- 1 Plataforma acrílica de radio 7 cm, grosor de 0.2 cm.
- 1 Varilla de ¼ por 14 cm de largo.
- 3 Tornillos de 1" por ¼ con tuerca.
- 6 Tornillos de 1" por 5/16 con tuerca guasa y arandela.
- 1 Dinamo de bicicleta ELEPHANT 12 V, 6.0 W.
- 1 Batería de motocicleta 12 V, marca Akita YV12V.C.
- 1 Copa de 21 mm por ½".
- 250 cm de cable blanco calibre 12.
- 1 Lámpara de 12 voltios.

3.2 Diseño y elaboración de partes: El diseño, fabricación y montaje de cada una de las partes de que consta el aerogenerador se explicitan a continuación:

Cimiento

El cimiento es la base sobre la que descansa el generador eólico, garantiza la estabilidad de la turbina eólica cuando tenga que soportar grandes fuerzas provenientes de turbulencias; también, para soportar el peso de la turbina y de la torre para proveer la estabilidad necesaria⁵.

Por tal motivo, en el prototipo como cimiento se instaló una platina de hierro con un grosor de 1.2 cm, largo 30 cm, ancho 24 cm y un peso de 12 Kg (ver figura 1). Esta platina proporciona la resistencia para ayudar a distribuir los esfuerzos a los que está sometida la base de la torre.

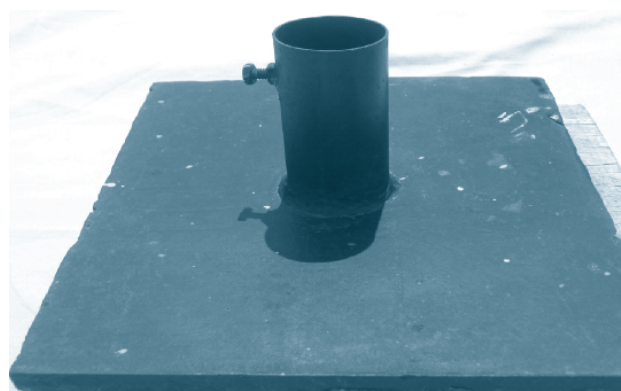


Figura 1. Cimiento superficial del generador eólico, mostrando la platina y la base de la torre que sostendrá los demás componentes.

Los cimientos pueden ser superficiales o profundos, dependiendo al tipo de suelo o de torre en la que se instaló el dispositivo. Para el prototipo se situó un cimiento superficial, aprovechando las ventajas que este proporciona: No necesita de realizar excavaciones para instalar el aerogenerador, de manera que este diseño servirá para que la máquina pueda ser cambiada de lugar cuando la ocasión lo amerite.

Mástil o torre de la eólica

La torre del aerogenerador tiene la resistencia suficiente para sostener gran parte de los materiales instalados⁶.

Se utilizó un tubo de 98 cm de altura, con un radio de 1,8 cm, y grosor de 0,3 cm en material galvanizado. Este material es un recubrimiento de hierro o acero con una capa de zinc, como protección a la corrosión.



Figura 2. Instalación de la torre sobre el cimiento.

Para su transportación se instaló un tubo coaxial de menor diámetro, dentro del original y se tomó uno con dimensiones de 108 cm de altura, radio 1,5 cm, y grosor de 0,3 cm; para sujetar los tubos. Luego, se incrustaron dos tornillos horizontalmente, de manera que se realice presión sobre el segundo mástil, con el fin de que cuando se extraiga el primer tubo, el tornillo permita que se mantenga la altura deseada⁷.

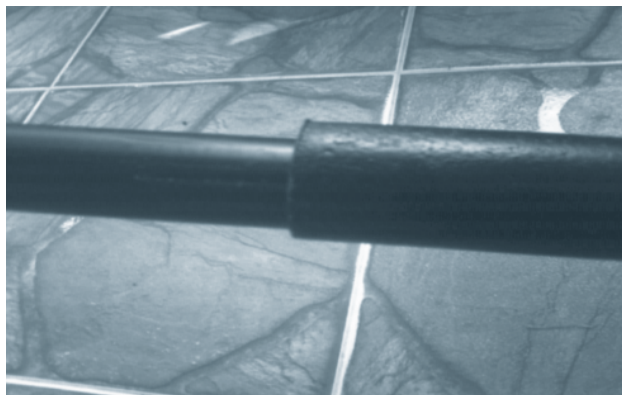


Figura 3. Tubos coaxiales que conforman la torre.

La torre debe soportar el peso de la hélice, dinamo y la veleta, resistiendo el giro ocasionado por la fuerza del viento.

Plataforma

La plataforma es la base donde se instala la dinamo (una dinamo es un generador eléctrico destinado a la transformación de electricidad mediante el fenómeno de inducción electromagnética, que genera una corriente eléctrica), y la base de la veleta, estando conformada por una platina de hierro con un grosor de 0,1 cm y radio de 7,0 cm.

La plataforma se acopló a un juego de copas con

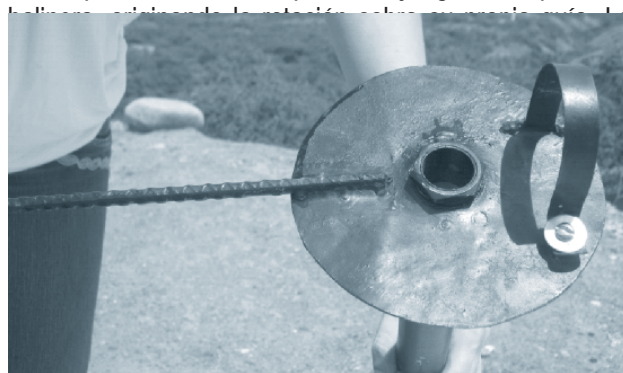


Figura 4. Plataforma unida al juego de balineras de la torre.

distancia a la que se instaló fue la apropiada, proporcionando el equilibrio entre el peso de la dinamo y la veleta.

La Cola o Timón de la Eólica (veleta)

La veleta del prototipo tiene el peso apropiado para soportar la fuerza del viento, permitiendo su fácil movimiento y permitiendo su equilibrio con la turbina del prototipo⁸.

La veleta se fabricó con tubo PVC, previamente sometido a altas temperaturas tomando la forma de un triángulo alargado, y sus dimensiones son: 3,0 cm de altura en la parte delantera, 17 cm de altura en la parte trasera, 32 cm de largo y 0,3 cm de espesor.



Figura 5. Veleta fijada a la barra de hierro y adosada a la plataforma.

La Dinamo

Se optó por utilizar una dinamo de bicicleta, que normalmente produce 12 voltios de diferencia de potencial, en corriente continua. La dinamo de bicicleta es pequeña y liviana y cuenta con un inducido fijo (Imán), y un inductor central móvil, que es el que rota tomando el movimiento de la rueda⁹. La dinamo se colocó en la plataforma de platina, ajustada con una abrazadera y ubicada en el lugar apropiado para hacer equilibrio con la veleta.

La dinamo que se usó es un motor que da suficiente tensión con poca frecuencia. Lo que se busca, para un aerogenerador eficiente, es un motor que suministre la diferencia de potencial adecuada al prototipo y con una frecuencia baja. El modelo elaborado tiene una dinamo de 12 voltios de tensión con una frecuencia de 325 rpm¹⁰.

Rotor: El rotor incluye el buje y las aspas, es la parte principal de la máquina eólica¹¹.

Aspas

Estas aspas se fabricaron con tubo PVC, con una longitud de 41.5 cm. Su extremo mide 3,0 cm, y su base 7,0 cm de ancho. Estas son las medidas apropiadas para obtener un buen rendimiento.

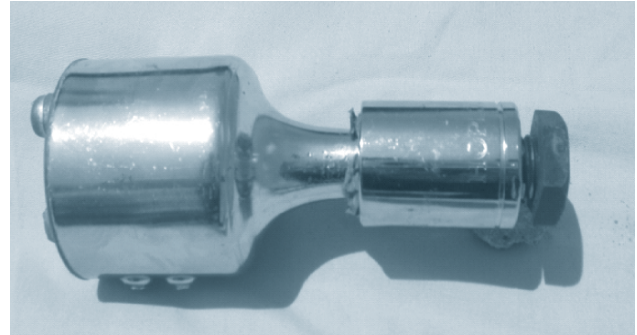


Figura 6. Dinamo de bicicleta unida a la plataforma de la eólica.

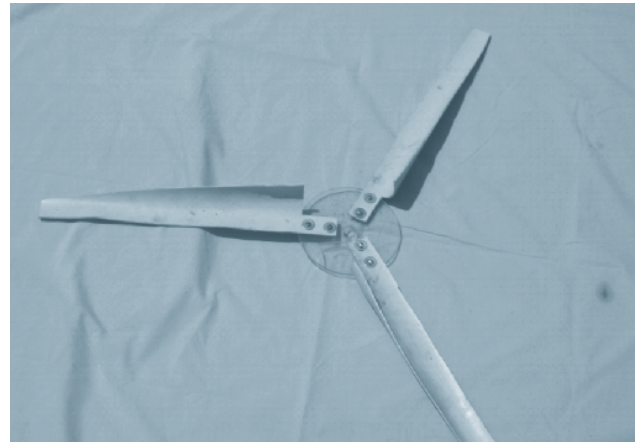


Figura 7. Diseño final de las aspas construido con tubo PVC.

Para la fabricación de las palas, fue necesario tomar en cuenta los requerimientos técnicos basados en elaboraciones previas; también es conocido que las palas están expuestas a grandes esfuerzos debidos a flexión y torsión. Además están sometidas a una gran fatiga, ocasionadas por las grandes potencias que deben transmitir al eje¹². Las palas de PVC se cortaron de una tubería de 160 mm de diámetro, adecuando un ángulo de 15°, a lo largo de la pala, con lo que se facilita su construcción y además arranca con facilidad cuando existen suaves brisas. Es preferible que el sistema gire durante mucho tiempo, aunque lo haga a pocas revoluciones, a que gire muy rápido los días de vientos fuertes quedándose detenido el tiempo adicional¹³.

En la construcción de las aspas se marcó y cortó el tubo en cuatro piezas iguales. Se fabricó la primera y usándola como guía para las demás; finalmente, se terminó con 4 palas, tres para emplearlas en el aerogenerador y una de repuesto. Para mejorar la aerodinámica se limaron los bordes, como cuchillas, para que "corten" el viento y se obtenga una menor resistencia.

Buje o base de las aspas

El siguiente paso consistió en unir las aspas al motor, para ello se cortó un cascarón esférico acrílico de 0,3 cm de grosor y radio de 7,0 cm.

El material se seleccionó por ser liviano y de fácil consecución. La rueda se encajó en el eje del motor, instalando 1 copa de 21 mm por $\frac{1}{2}$ ", haciendo expansión entre el motor y el buje.

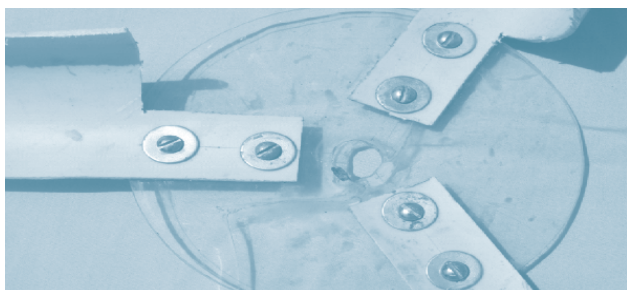


Figura 8. Las bases de las aspas, o bujes, se ajustan a tornillos de $\frac{1}{2}$ " por 5/16 para sostener las aspas.

4. Pruebas y puesta en funcionamiento del aerogenerador

En la puesta en marcha del prototipo, se buscó un sitio lo suficientemente alto, dentro de la ciudad de Neiva, para que el aerogenerador obtuviera el rendimiento adecuado; teniendo en cuenta que la velocidad del viento aumenta rápidamente con la altura, y se vuelve menos turbulento e incrementa su velocidad a medida que asciende respecto al suelo¹⁴.

El sitio elegido para poner a prueba el prototipo fue la meseta llamada el Chaparro, hoy conocida con el nombre de Bugariles; ubicada al nororiente de la ciudad de Neiva, comprendida por el norte con la calle 19 sur calle 15 oriente carrera 26 y al occidente la carrera 24¹⁵, con 56 metros de altura respecto al suelo plano, siendo esta medida la más alta dentro de la ciudad de Neiva según planeación municipal¹⁶. Se ubicó el dispositivo en zona urbana con sitio exacto, calle 25 n. 15-15, en el segundo piso.

Es fundamental determinar la intensidad del viento en el lugar donde se pretende montar la instalación eólica. Por tal razón los datos recopilados acerca de la velocidad del viento y aspectos conexos, se tomaron directamente de la página

del IDEAM¹⁷; donde a partir de las diferentes gráficas, y a la rosa de vientos se obtuvo la información necesaria.

Según el IDEAM la zona elegida presenta vientos de 3,5 m/s a lo largo del año con variaciones de 4,2 hasta 4,5 m/s de acuerdo con la referencia internacional que clasifica y define cada tipo de viento en función de su velocidad: "define que los vientos con velocidades de 3,4-5,2 m/s se clasifican como fuerza tipo 3 con denominación leve¹⁸. En el mes de noviembre generalmente la temperatura mínima esta en 22°C., la temperatura media en 26°C., y temperatura alta de 32°C. Las precipitaciones en este mes son muy constantes con 250 mm durante 19 días. Estos datos permiten comprobar que los vientos que se obtuvieron, en la puesta en marcha del prototipo, fueron de los mejores a lo largo del año.

En esta puesta en marcha el rotor del prototipo se mantuvo estático por 42 segundos; empezando a girar lentamente, hasta que alcanzó el número de revoluciones necesarias para que el prototipo pudiera producir 12 V en corriente continua, transportada hacia la batería donde se almacenó para luego encender la lámpara instalada¹⁹.

Para la segunda prueba del prototipo se adicionaron a los 3 metros que tiene la vivienda, 2 metros que resultan en la torre al expulsar el tubo coaxial del tubo principal; de esta manera, se incrementó la altura de la torre para duplicar la energía del viento disponible. Esta altura de 5 metros es el valor máximo, que en puesta en marcha se pudo alcanzar.

Los resultados fueron: el rotor se activó a los dos segundos, después de ubicarlo a esta altura, con una rotación constante y uniforme, generando las mismas revoluciones que logramos en la primera prueba y arrojando los mismos 12 V, necesarios para encender la lámpara.

La velocidad de arranque es la mínima velocidad del viento a la que las palas rotarán y generarán potencia utilizable; típicamente, esta velocidad oscila entre 3.00 y 4.00 m/s.

No se presentó impacto acústico, ni desnivelaciones por parte de la turbina. El generador y la batería no presentaron ningún inconveniente; razón por la cual, no se hicieron modificaciones. Como resultado la puesta en marcha fue exitosa.

Así se obtuvo un aerogenerador de carácter doméstico, adaptable a distintos tipos de viviendas, y que mostró ser resistente a diversas condiciones climáticas.

5. Conclusiones

- Se dispone de un prototipo de aerogenerador de corriente continua, que puede ser replicado a gran escala para abastecer de energía eléctrica a sectores marginados de la región surcolombiana.
- La concientización ciudadana acerca del uso adecuado de los recursos naturales debe originarse desde la educación básica, proponiendo proyectos educativos que redunden en beneficio de la sociedad.
- En el diseño, construcción y puesta en funcionamiento del aerogenerador se presentaron dificultades, de tipo técnico, que fueron superadas de manera exitosa.
- La elaboración de este trabajo de grado servirá como fundamento para lograr que la clase dirigente se interese más en apoyar estos proyectos en los diversos niveles educativos.

Referencias

1. Castro Rojas, Felipe. Rodríguez, Wilson Francisco. 2009. *Desarrollo de tecnologías en aprovechamiento de Energías Alternativas (energía solar)*. Trabajo de grado (Licenciatura en educación básica en ciencias naturales y ed. Ambiental). Universidad Surcolombiana. Facultad de educación. Neiva.
2. Asociación Europea de la energía Eólica http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Colombia, 2 diciembre del 2009.
3. Ortega, Mónica. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=243>, 8 de enero 2010.
4. Energías renovables. <http://www.nodo50.org/panc/Ere.htm>. 10 de enero de 2010.
5. IDEAM. <http://www2.ideam.gov.co/VientoEnergiaEolica/AtlasCapitulo4.html>.
6. [http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_\(electricidad\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_(electricidad)); http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7193.pdf
7. http://www.amics21.com/laveritat/manual_generador_eolico.pdf
8. <http://html.rincondelvago.com/rotor-de-3-palas-de-un-aerogenerador.html>
9. www.fing.edu.uy/imfia/cliv/Disenoyconstruccion.pdf
10. <http://html.rincondelvago.com/rotor-de-3-palas-de-un-aerogenerador.html>
11. http://www.scribd.com/doc/24930827/Aero_generador-casero
12. Snel, Herman. *Generación eléctrica por energía Eólica*. Asociación para la Investigación y Desarrollo en energía y Ambiente. San José Costa Rica 1999. 540 pp.
13. http://www.scribd.com/doc/24930827/Aero_generador-casero
14. http://www.bibliotecaverde.org/images/3/3b/Manual_eolica_es.pdf
15. http://www.worldmapfinder.com/Map_Earth.php?ID=/Es/South_America/Colombia/Neiva
16. http://www.alcaldianeiva.gov.co/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=123:departamento-administrativo-de-planeacion&catid=65:objetivos-y-funciones&Itemid=117
17. <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm>
18. http://www.bornay.com/userfiles/tipos_torres.pdf pág.12.

Artículos

- Conrado Moreno, Figueredo. *Tecnología de los pequeños aerogeneradores: Fundamentos teóricos*. En: energía y tú. Vol. 39 (julio-septiembre. 2007). Pág. 12-16.
- _____. *Producción de electricidad con energía eólica: breve historia de los aerogeneradores*. En: energía y tú. Vol. 40 (octubre-diciembre. 2007). Pág. 30-34.

Anexos

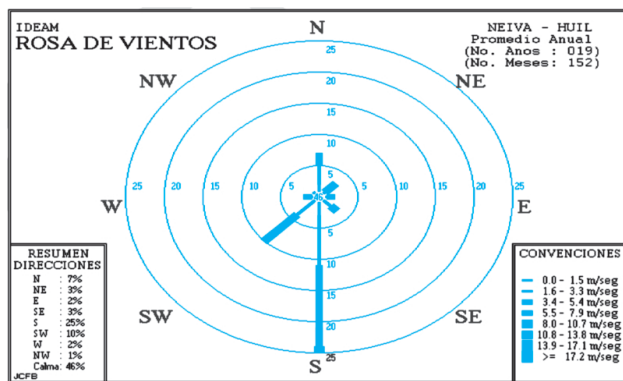


Figura 1. Rosa d vientos- Informacion aeronautica, regimen anual de viento de la ciudad de Neiva.

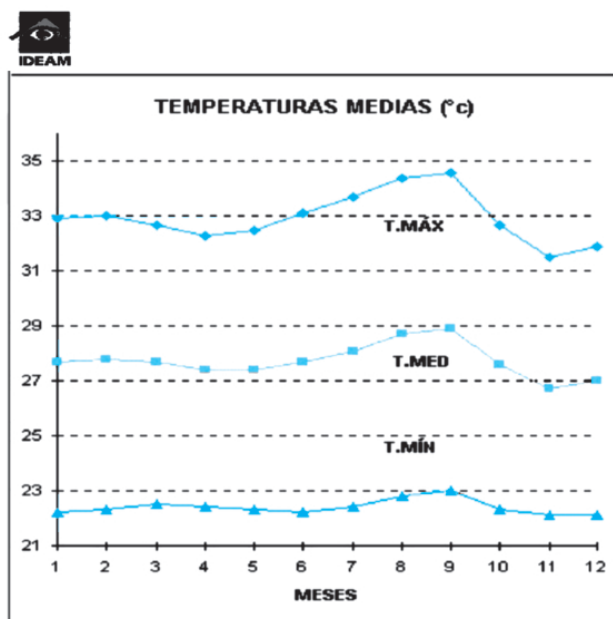


Figura 2. Temperaturas media en el año 2010, según el aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva.

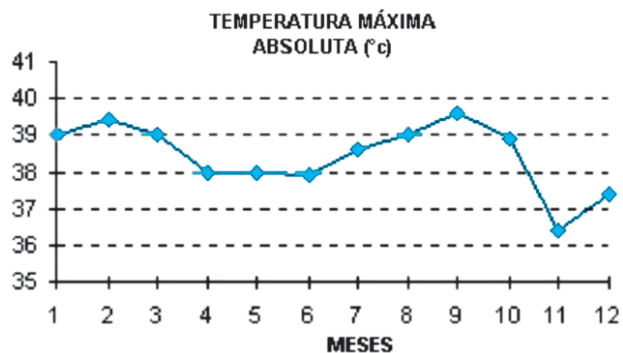


Figura 3. Temperatura máxima absoluta del año 2010 en la ciudad de Neiva.

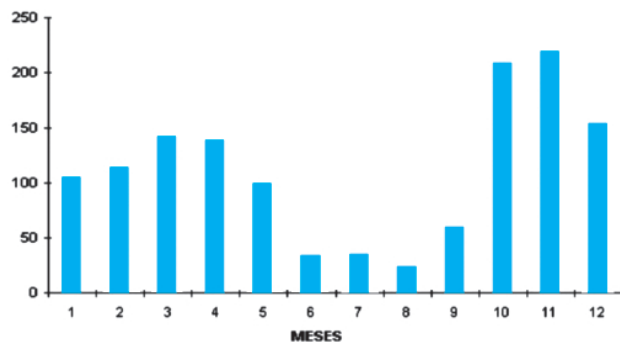


Figura 4. Precipitacion (mm) según el aeropuerto Benito Salas de Neiva.

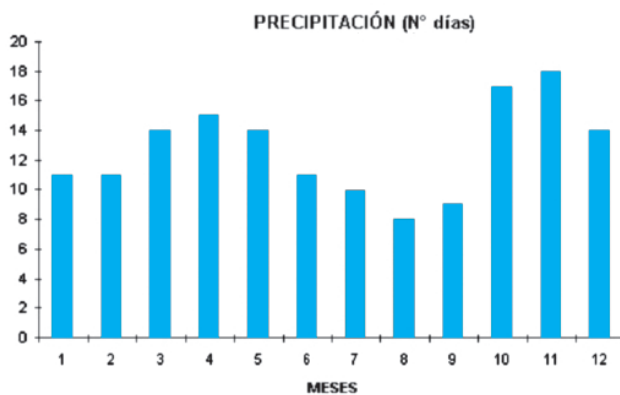


Figura 5. Precipitacion por número de días según el aeropuerto Benito Salas de Neiva.

Tabla 1. Tabla de Beaufort es la referencia internacional que clasifica y define cada tipo de viento en función de su velocidad.

Fuerza	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Denominación
0	0-0,5	0-1	Calma
1	0,6-1,7	2-6	Ventolina
2	1,8-3,3	7-12	Suave
3	3,4-5,2	13-18	Leve
4	5,3-7,4	19-26	Moderado
5	5,7-9,8	27-35	Regular
6	9,9-10,4	36-44	Fuerte
7	12,5-15,2	45-54	Muy fuerte
8	15,3-18,2	55-65	Temporal
9	18,3-21,5	66-77	Temporal fuerte
10	21,6-25,1	78-90	Temporal muy fuerte
11	25,2-29	91-104	Tempestad
12	Más de 29	Más de 104	Huracán