

VIENTOS TIERRA: GIRANDO Y GENERANDO

Folio del proyecto : CIN2012A20243

Centro Universitario México A.C.

Autores:

Aguilera Torres Claudia Mariana

García Zamora Luis Alan

Lecuona Gómez Pablo

Manzanarez Velázquez José David

Asesor: Jesús Flores Téllez

Área de conocimiento: Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías

Disciplina: Física

Tipo de investigación: Desarrollo tecnológico

Lugar: Centro Universitario México A.C.

Fecha: 15 de febrero 2013



RESUMEN

El objetivo de este proyecto es construir y poner en marcha una hélice tipo Savonius helicoidal. La elaboración de la hélice tiene como propósito reducir el consumo de energía eléctrica en un inmueble particular sin la necesidad de mantenimiento frecuente ni atención especial.

Se llevó a cabo la construcción mediante modelos previos que fueron sufriendo modificaciones para dar paso a la hélice final. Se encontraron diversas dificultades que conllevó a grandes retrasos de tiempo.

Para construir la hélice definitiva se usaron en muchos de los casos materiales de bajo costo y de reciclaje, para reducir los gastos. Se utilizó un tubo de PVC de 1.50 metros se atornillaron 9 secciones en forma de "s" con una separación de 7 cm entre cada uno. Posteriormente se colocó licra del primer hasta el último eslabón. Se insertó un balero en la parte superior así como uno en la parte inferior. En la punta inferior del eje se instaló un sistema de poleas, para incrementar el número de revoluciones que se transmitía al eje del motor que produciría una diferencia de potencial.

Se generó una cantidad de energía eléctrica, cuyo voltaje fue limitado por el motor utilizado, cuya potencia era de tan sólo 8 watts. Esto fue debido al uso de material de bajo costo, por lo cual, estamos convencidos que si se invirtiera en un motor específico para generar electricidad, nuestro proyecto podría ser viable para generar corriente eléctrica.

Palabras clave: turbina, hélice Savonius helicoidal, viento, energía eléctrica, eficiencia



SUMMARY

This project's main objective is the construction and physical implementation of a wind turbine of Savonius helical design. The purpose of building this machine is the reduction of electrical energy consumption in an urban residence, with low operation costs and little maintenance.

The prototype elaboration process was based upon a series of previous models that added up several modifications that paved the way towards the construction of the final design.

To construct the final propeller were used, in most of the cases, low cost materials and recycling, to reduce expenses. In a polyvinyl chloride tube of 1.5m in height, 9 sections with a separation of 7cm of the same material were secured with nuts and bolts. Afterwards an elastic fiber was located from the first until the last section. A rotational mechanism was forced into both ends of the tube. On the inferior end a 12cm diameter gear with the objective of making a smaller one (6.5cm in diameter) rotate. The latter produced the rotational movement of the small motor to which it was attached for electrical energy production.

An amount of electric power was generated, whose voltage was limited by the engine used, the power generated was only of 8 watts. This was due to the use of low cost material, therefore, we believe that if you invest in a specific engine to generate electricity, the project would be feasible to generate electricity.

Key words: turbine, Savonius helical turbine, wind power, electrical energy, efficiency



INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico en cuanto a la producción de energía, busca medios que generen un impacto cada vez menor en el medio ambiente y satisfagan las crecientes necesidades de energía eléctrica de la humanidad. La energía eólica, a pesar del gran capital inicial que se requiere para la construcción de hélices, a largo plazo presentan un ahorro en la producción de energía eléctrica, además de que resultan benévolas al entorno por su nula producción de contaminantes. Es por esto, que ha tenido un gran auge durante las últimas décadas como una alternativa a los combustibles fósiles.

A pesar del gran incremento que se ha dado en la producción de energía eólica, su principal representante, la turbina de eje horizontal de tres palas, presenta graves problemas como la necesidad de amplios espacios abiertos y despoblados para su construcción, riesgos para la fauna local y el tráfico aéreo -pues en ciertas ocasiones las palas pueden alcanzar velocidades similares a las del sonido- y elevados costos iniciales aunados a una constante y difícil mantenimiento. Es por esto que las hélices de eje vertical incluyen una serie de beneficios tales como un tamaño reducido, producción de energía eléctrica con corrientes de viento de baja intensidad, fácil mantenimiento y seguridad para los habitantes de una población. Durante este proyecto se tomaron en cuenta los factores anteriores para el diseño y construcción de la hélice propuesta.

Así mismo, las características climatológicas la Ciudad de México, acompañadas de un aumento en la construcción de espacios habitacionales de 8 o más pisos que demandan una enorme cantidad de energía eléctrica, motivan la posibilidad de la elaboración de una hélice que sea espacial y económicamente viable para un entorno urbano, como lo es la hélice de eje vertical de tipo Savonius con diseño helicoidal.

Partiendo de los ensayos experimentales realizados en el proyecto, se entendió la necesidad de diseñar una hélice que poseyera ciertos elementos como lo son el borde de ataque, un borde de fuga, espesor y en especial una cierta curvatura. Aunado a esto, el trabajo



expone y desarrolla aspectos de la concepción, desarrollo, implantación y gestión de un sistema de aprovechamiento de energía eólica, fundamentalmente para su conversión en electricidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Transformación de energía eólica en eléctrica a partir de una hélice vertical.

OBJETIVO PARTICULAR

Desarrollar una hélice con eje vertical, cuyo diseño se basa en un rotor Savonius de tipo helicoidal de un tamaño adecuado para implementarse en edificaciones sustentables del entorno urbano de la ciudad de México y disminuir el consumo de la red eléctrica.

MARCO TEÓRICO

Existen ciertas relaciones entre las formas de los cuerpos y sus características aerodinámicas. En un perfil aerodinámico existen diversos factores como la cuerda (el largo del cuerpo), el borde de ataque (el punto inicial de impacto del viento sobre el cuerpo), el borde de salida (el punto final del perfil), curvatura y espesor. Cuando un perfil enfrenta una corriente de aire, se desarrollan distintas velocidades a ambos lados del cuerpo. La velocidad es mayor sobre la cara superior del perfil, mientras que a mayor velocidad corresponde una menor presión, resulta que en la cara superior se genera una zona de baja presión que succiona al perfil hacia arriba. Correspondientemente, en la cara inferior, donde las partículas del aire se mueven a menor velocidad, se desarrolla un aumento de presión con respecto a la corriente libre que también empuja al perfil en forma ascendente.

Adicionalmente, el deslizamiento de las partículas del aire sobre la superficie del perfil, genera por rozamiento otra fuerza denominada de resistencia por fricción, que se suma a la anterior.



Las hélices de eje vertical, a pesar de poseer una mayor eficiencia en la transformación de la energía eólica en eléctrica, plantean un desafío estructural mayor pues deben hacer frente a intensas vibraciones y mayores fuerzas de torque en su parte superior.

Los perfiles de la hélice son de longitud finita y esta realidad suma otro ingrediente que origina una resistencia adicional denominada resistencia inducida. Cuando el aire se escurre alrededor del perfil, la presión en la cara interior es mayor que en la exterior, en consecuencia el flujo tiene a "filtrarse" por las punteras.

La resistencias que actúan sobre el perfil pueden considerarse como aplicadas en un determinado punto y para definir en forma completa la acción de las fuerzas sobre el perfil, es necesario especificar la cantidad de momento alrededor del mismo punto. En el caso de nuestra turbina

El tipo de rotores de viento con el diseño más simple es el llamado de tipo Savonius, que funciona bajo los mismos principios aerodinámicos que un anemómetro de copa. La invención de este rotor le es atribuída a un ingeniero de procedencia finlandesa llamado S.J. Savonius en 1929. Esta turbina ha adquirió gran popularidad durante el siglo XX debido a las bajas velocidades del viento requeridas para su operación.

Consiste de dos mitades cilíndricas orientadas hacia direcciones opuestas, de tal modo que desde una proyección vertical la turbina presenta la forma de una "s". El diseño helicoidal aumenta la cantidad de empuje vertical y horizontal. El cambio en el ángulo con respecto a cada una de las secciones que da su forma característica a esta turbina genera corrientes de convección internas en un plano horizontal dentro de las secciones delimitadas por el armazón, aumentando en gran medida la fuerza de torca necesaria para hacer rotar el dínamo eléctrico.

El coeficiente de potencia de la turbina se define como el cociente de la potencia eléctrica de la corriente de viento entre el contenido energético neto de la misma. Así mismo permite



representar las principales características de las hélices en combinación con el parámetro adimensional lambda (λ). Este último, establece la relación de la entre la velocidad de la punta de la pala y la velocidad de viento. Esto está representado con la ecuación:

$$\lambda = \frac{\omega R}{V}$$

Donde R representa el radio de la hélice en metros, mientras que omega hace las veces de la velocidad angular en radianes por segundo. V es la velocidad del viento. Éste coeficiente combina las variables más importantes del diseño de tal modo que el comportamiento de cualquier hélice sin importar su diseño puede representarse mediante la relación gráfica entre el coeficiente potencia (C_p) y el coeficiente lambda.

La potencia eléctrica de la corriente del viento puede a su vez definirse como la fuerza de la corriente multiplicada por la distancia recorrida multiplicada por la velocidad del viento. Esta velocidad, por cuestiones prácticas, es la velocidad media que se encuentra entre un punto alejado de la turbina, un punto inicial ubicado en el borde de la estructura, otro punto final en el borde contrario y un punto alejado de la misma. La suma de las mediciones de las velocidades divididas entre cuatro, da como resultado la velocidad media utilizada en los

$$V = \frac{(V1+V2+V3+V4)}{4}$$

cálculos de la potencia eléctrica. Esta relación de velocidades se describe mediante la ecuación:

Que a su vez es parte de la ecuación que define la potencia eléctrica:

$$P_c = F_{sd} \cdot V$$

En cuanto al contenido energético de la corriente se describe a través del producto de la densidad del aire circundante, la velocidad media elevada al cubo, y el área de barrido de las palas de la hélice. Representada por la ecuación:



$$E_c = \rho \cdot V^3 \cdot A$$

El coeficiente de potencia por lo tanto se define como el cociente entre la potencia eléctrica de la corriente y su contenido energético.

$$C_p = \frac{P_c}{E_c}$$



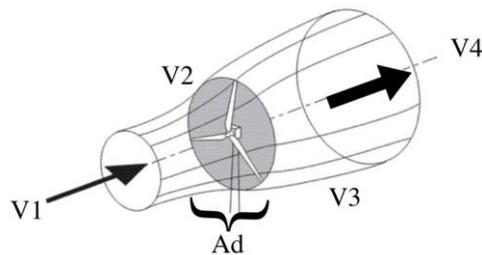
METODOLOGÍA

Durante la primera etapa del proyecto se llevó a cabo una investigación sobre los distintos tipos de hélices existentes y los factores principales que determinan su movimiento. Posteriormente se construyeron distintas turbinas con diversos diseños para determinar, de forma empírica, cual brindaba mayor eficiencia.

Modificando la curvatura de cada perfil se buscó generar un rotor Savonius helicoidal en el cual se generará una mayor sustentación y, aunado, se pueda disminuir la fuerza de fricción y generar una baja resistencia. Esto se logró, ya que se jugó con la variación del ángulo de ataque manteniéndolo dentro de la zona lineal del coeficiente de sustentación.

Habiendo decidido cual iba a ser la estructura a construir (rotor Savonius) se investigó el material para su buena maleabilidad y como resultado un buen funcionamiento de la misma.





Nuestro primer prototipo fue elaborado con una lámina de metal, la cual fue deformada de manera que tuviera cuatro perfiles, sostenida por un eje vertical de madera. Este prototipo contaba con una altura de cuarenta centímetros por veinte centímetros de ancho. Se observó que, el modelo, era demasiado frágil y no producía la cantidad de energía que se esperaba para poder presentar un proyecto funcional, para que después su realización a gran escala sustentara la generación de energía para un domicilio particular.

Como segunda propuesta, se construyó una hélice con un polímero que nos brindara la posibilidad de su fácil maleabilidad, puesto que uno de los mayores problemas que presentaba la misma era darle la curvatura deseada para un giro ideal que brindara una mayor generación de electricidad; se utilizó, pues, una lamina de Estireno sostenida a un palo de madera, la cual fue el primer prototipo que tuvo como principal diseño un estilo Savonius. Las aspas de la hélice se colocaron en el modelo con tornillos. Sin embargo, este diseño resultó ser demasiado débil y de difícil manejo, en resumen era poco eficiente.

Posteriormente se hizo uso de alambre galvanizado, para realizar un esqueleto, que fue recubierto por malla de alambre para, después, con plástico PVC fuera forrado y con un diseño tipo Savonius. Prototipo que, una vez más resultó ser de una rigidez considerablemente mayor pero aun así, poco funcional para su realización a gran escala; por otro lado la energía que esta nos proporcionaría sería mínima y de poca utilidad. Aunado a que su realización resultó ser de gran dificultad y tomó un tiempo considerable del proceso.



Como resultado de los prototipos utilizados anteriormente, surgió la idea de una hélice construida de PVC. Con lo cual se llegó al resultado final, presentado en el proyecto final. Se construyó a partir de un tubo de PVC de diez pulgadas de ancho, cortado a la mitad, para obtener 18 medios círculos de 2 cm de ancho. Los cuales fueron ensamblados, con tornillos, a otro tubo de PVC de 1.23 metros de largo, de manera tal que 9 de las aspas fueran girando 180° para poner dos filas y tener un total de 18 aspas alrededor del tubo, como se muestra en la figura 1.



Fig. 1

Posteriormente, se forró esta estructura con una tela de fácil modificación morfológica. Para darle oportunidad a la hélice de generar un giro eficaz. El tubo de PVC fue conectado a un sistema de engranajes (fig.2) que a su vez se conectó a un motor, el cual recibiría la energía obtenida del viento y giro de la hélice para así transformarla en energía mecánica (Fig 3).





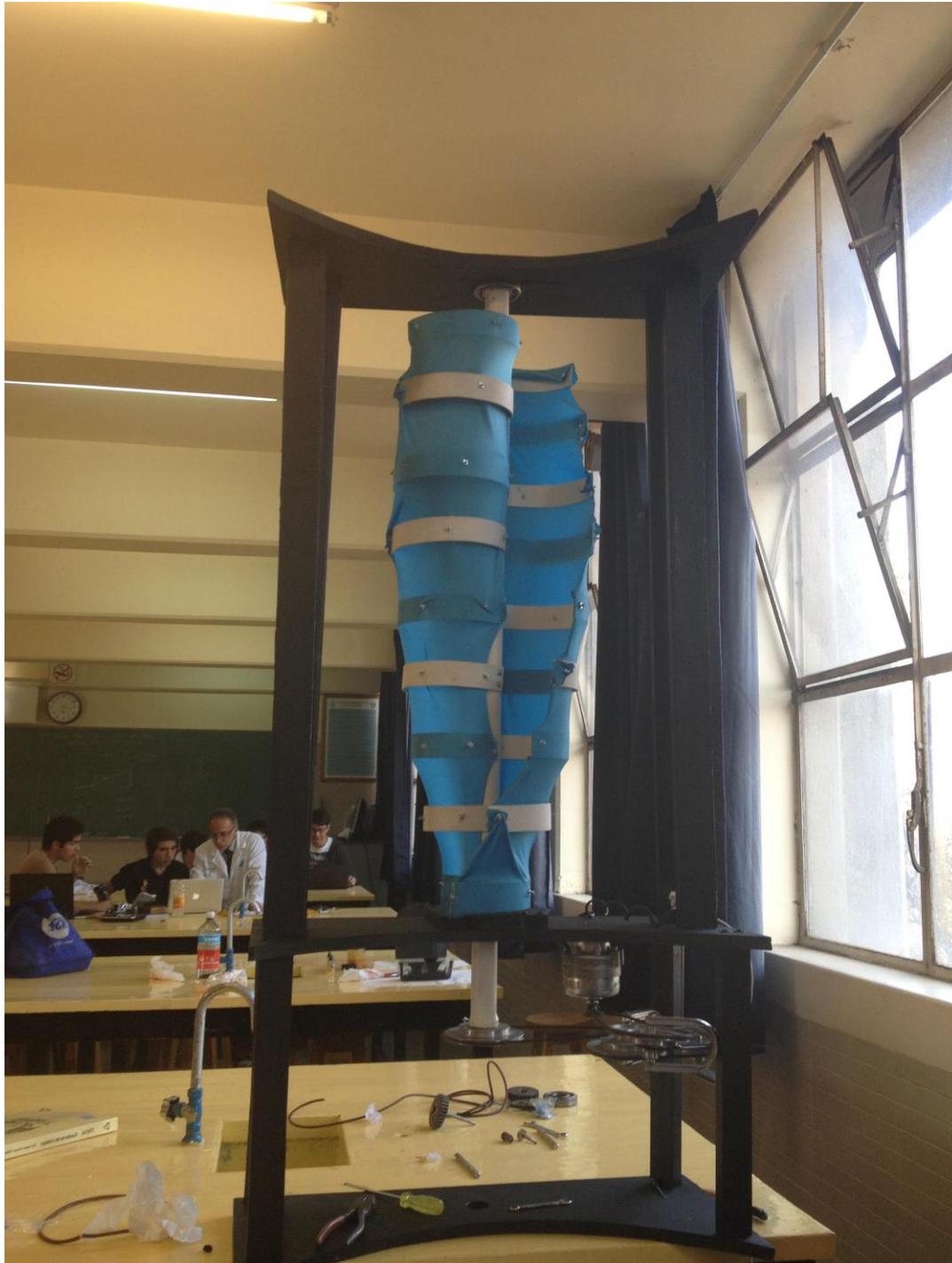
Fig. 2



Fig. 3a

Llegando a la conclusión de que la turbina se Savonius con modificaciones helicoidales era la más eficiente. Posteriormente con alambre galvanizado se buscó construir un esqueleto, el cual se pudiera revestir de malla de alambre galvanizado y así crear un perfil aerodinámico capaz de modificar su curvatura. Modificando la curvatura de cada perfil se buscó generar un rotor Savonius helicoidal en el cual se generará una mayor sustentación y, aunado, se pueda disminuir la fuerza de fricción y generar una baja resistencia. Esto fue permitido ya que se jugó con la variación del ángulo de ataque manteniéndolo dentro de la zona lineal del coeficiente de sustentación.





Habiendo decidido cual iba a ser la estructura a construir (rotor Savonius) se investigo que material conveniente.



RESULTADOS

La tabla muestra los resultados de voltajes obtenidos durante un periodo de un minuto a una altura de 2 pisos (aproximadamente 10 metros) a partir de las 6 de la tarde (18:00 PM). Durante el proceso se tomaron mediciones de la velocidad del viento con un anemómetro electrónico (Explorer) arrojando una velocidad promedio de 8 a 10 km/hr.

Fotografía de las mediciones de voltaje mientras los engranes se encuentran en movimiento.



CONCLUSIONES

Las bajas mediciones obtenidas en los voltajes se deben al peso de los engranajes utilizados y al tamaño del motor, que limitaba en gran medida los movimientos rotacionales del eje. Se planea reducir el peso de los engranajes sustituyéndolos por otros hechos con materiales plásticos, al mismo tiempo aumentando la cantidad de dientes del engrane mayor para incrementar las rotaciones del engrane menor. De igual manera se espera adecuar el mecanismo de generación de energía eléctrica para producir corriente directa y almacenar



Se cumple, finalmente, con nuestro principal objetivo, el deseo de constituir una ayuda para el sector de la energía, introduciendo el campo de las aplicaciones de la energía eólica, en especial en el de la producción eléctrica. Por lo cual esta misma, también, presenta una solución para domicilios particulares, las cuales requieren una cierta cantidad de energía para su buen funcionamiento.

Obtenidos estos resultados, podemos inferir que la realización de este proyecto a gran escala, sería capaz de optimizar la obtención de energía limpia y lo suficientemente funcional, para sustentar la producción de energía para mantener a un domicilio particular, y todas las necesidades que esta pueda presentar.

Dadas las circunstancias ambientales actuales, sabemos que el planeta Tierra, y más específicamente nuestra metrópolis - requiere necesita de proyectos novedosos que posibiliten el ahorro de energía y sustenten la obtención de energías limpias que no deterioren más el mundo en el que vivimos. Con este proyecto, entonces, presentamos una solución viable para la ciudad, económicamente más accesible.



BIBLIOGRAFÍA

Bastianon R.A., "Teoría de la Hélice para Turbinas Eólicas", Servicio Naval de Investigación y Desarrollo, Armada Argentina, Junio 1980.

Rose, F. "Thermodynamic applications to wind turbine design". Purdue University, San Jose, Estados Unidos. 2003. 54-67 pp.

Araiza, R y Berna, Z. "Perfiles de Movimientos Aerodinámicos en Turbinas de Viento", Panamericana., Ciudad de México, 1987. 231-238 pp.

Hütter U., "The Aerodynamic Layout of Wing Blades of Wind Turbines with High Tip-speed Ratio", Proc. U. N. Conf. New Sources of Energy, Roma , p. 217, 1961.

Spera D.A., "Wind Turbine Technology – Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering", ASME Press, New York, 1994.

Bastianon R. CÁLCULO Y DISEÑO DE LA HÉLICE ÓPTIMA PARA TURBINAS EÓLICAS. Servicio Naval de Investigación y Desarrollo de la Armada Argentina. Fecha de revisión: Marzo de 2008. Disponible en World Wide Web: www.infoweb2.unp.edu.ar/posgrado/Documentos/materias2011/Innovaciones%20tecnológicas%20en%20maquinas%20eolicas/Cálculo_y_Diseño_de_la_Hélice_Óptima_para_Turbinas_Eólicas2.pdf. Fecha de consulta: (16 de octubre de 2012).

http://books.google.com.mx/books?id=sefVtnVgso0C&pg=PA38&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false

www.mecal.eu/wind-energy/services/turbine-design/

